

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta  
Katedra biologie a environmentálních studií

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

Láčkovky a jejich využití ve výuce botaniky  
Pitcher Plants and Their Use in Teaching Botany

Bc. Michal Burian

Vedoucí práce: doc. RNDr. Lubomír Hrouda CSc.  
Studijní program: Učitelství pro střední školy  
Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro základní školy a střední školy – biologie

Odevzdáním této diplomové práce na téma Láčkovky a jejich využití ve výuce botaniky potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 21.4. 2020

Mé poděkování patří především doc. RNDr. Lubomírovi Hroudovi CSc. za odborné vedení, cenné rady a vstřícnost. Děkuji také RNDr. Miloslavovi Studničkovi CSc. za konzultace a Mgr. Danielovi Pražákovi za pomoc při terénním výzkumu a za fotodokumentaci.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce zpracovává téma masožravých rostlin rodu láčkovka, což jsou tropické rostliny disponující gravitačními pastmi, které slouží k odchytu a následnému trávení kořisti. Práce se zabývá také didaktickým využitím těchto rostlin ve výuce na základních školách a víceletých gymnáziích. Součástí diplomové práce je i terénní výzkum kyselosti trávicích tekutin v pastech láčkovek na Borneu. Měření kyselosti bylo prováděno pH metrem se skleněnou elektrodou. Měření a následná analýza výsledků dokazuje rozdíly v hodnotách pH mezi jednotlivými druhy láčkovek a srovnává je s výsledky v odborné literatuře. Dále dokazuje rozdílné hodnoty pH trávicí tekutiny v mladých a starých pastech. Výsledky výzkumu jsou použity v didaktické části práce. Tato část práce didakticky zpracovává tematiku láčkovek a představuje návrhy výukových aktivit sloužících především k popularizaci botaniky u žáků základních škol a víceletých gymnázií. Tyto aktivity jsou následně ověřeny ve výuce na základní škole a zhodnoceny v závěru práce. Důsledkem zařazení těchto aktivit do výuky je změna postoje k výuce botaniky většiny žáků vyučované třídy k lepšímu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

láčkovka, základní škola, didaktika, využití ve výuce, botanika, masožravé rostliny

## **ABSTRACT**

The major objective of this thesis are carnivorous plants of the genus *Nepenthes* and their pedagogical and educational usage addressing students of elementary and grammar schools. The first part provides a general description of the *Nepenthes* plants, often called tropical pitcher plants due to their pitcher-shaped leaves that function as a passive pitfall trap. Moreover, the field research on the *Nepenthes* digestive fluid acidity was undertaken at Borneo. Plant's acidity was measured by the pH meter with glass electrode. The results obtained prove pH level differences for various *Nepenthes* species. In addition, pH level differences in between the fluid from freshly opened pitcher and an older fluid were observed. All results are cross-validated with the values reported in literature. On the basis of the results of the field research, didactic part is assembled. The didactic part consists of the *Nepenthes* general description and proposal of educational activities aiming at the botany popularization in elementary and grammar schools. Subsequently, the method proposed is tested in biology classes of the second grade of elementary school. The results reveal a positive influence of the method on student's interest in botany.

## **KEYWORDS**

pitcher plant, elementary school, didactics, use in teaching, botany, carnivorous plants

## Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Cíle diplomové práce.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Teoretická část.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Masožravost rostlin .....</b>	<b>11</b>
3.1.1. Základní fakta a historie.....	11
3.1.2. Důvody existence masožravosti rostlin .....	12
<b>3.2. Rod láčkovka (<i>Nepenthes</i>).....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Historie .....	14
3.2.2. Taxonomie a fylogeneze rodu .....	15
3.2.3. Anatomie a morfologie rodu .....	16
3.2.3.1. Kořenový systém.....	16
3.2.3.2. Stonek .....	17
3.2.3.3. Listy .....	19
3.2.3.4. Láčky.....	21
3.2.3.5. Květ .....	25
3.2.3.6. Plod a semena .....	26
3.2.4. Trávicí tekutina a trávení kořisti .....	26
3.2.5. Rozšíření .....	27
3.2.6. Ekologie .....	28
3.2.6.1. Stanoviště.....	29
3.2.6.2. Vztahy mezi láčkovkami a živočichy .....	30
3.2.6.3. Ochrana <i>Nepenthes</i> a jejich stanovišť.....	33
3.2.7. Vybrané druhy <i>Nepenthes</i> .....	34
3.2.7.1. <i>Nepenthes albomarginata</i> (láčkovka lemovaná) .....	34
3.2.7.2. <i>Nepenthes ampullaria</i> (láčkovka soudečková).....	36
3.2.7.3. <i>Nepenthes aristolochioides</i> (láčkovka podražcovitá) .....	37
3.2.7.4. <i>Nepenthes bicalcarata</i> (láčkovka dvojostruhatá).....	39
3.2.7.5. <i>Nepenthes distillatoria</i> (láčkovka cejlonská) .....	40
3.2.7.6. <i>Nepenthes dubia</i> (láčkovka neurčitá).....	41
3.2.7.7. <i>Nepenthes fusca</i> (láčkovka žíhaná) .....	43
3.2.7.8. <i>Nepenthes gracilis</i> (láčkovka útlá).....	44
3.2.7.9. <i>Nepenthes inermis</i> (láčkovka bezbranná) .....	46

3.2.7.10.	<i>Nepenthes lowii</i> (láčkovka Lowova) .....	47
3.2.7.11.	<i>Nepenthes rafflesiana</i> (láčkovka Rafflesova) .....	48
3.2.7.12.	<i>Nepenthes rajah</i> (láčkovka rádža) .....	49
3.2.7.13.	<i>Nepenthes reinwardtiana</i> (láčkovka Reinwardtova) .....	50
3.2.7.14.	<i>Nepenthes tentaculata</i> .....	51
<b>4.</b>	<b>Praktická část botanická: pH trávící tekutiny u <i>Nepenthes</i> .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1.</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>52</b>
4.1.1.	Cíle výzkumu .....	52
4.1.2.	Sběr dat .....	52
4.1.3.	Analýza dat .....	55
<b>4.2.</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>56</b>
<b>4.3.</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>57</b>
<b>5.</b>	<b>Praktická část didaktická: využití láčkovek ve výuce botaniky .....</b>	<b>60</b>
<b>5.1.</b>	<b>Zařazení láčkovek do výuky botaniky .....</b>	<b>60</b>
<b>5.2.</b>	<b>Vlastní náměty aktivit zaměřené na láčkovky .....</b>	<b>61</b>
5.2.1.	Vyučovací hodina s tematikou láčkovek .....	61
5.2.1.1.	Plán vyučovací hodiny .....	61
5.2.1.2.	Prekoncepty .....	61
5.2.1.3.	Cíle vyučovací hodiny .....	61
5.2.1.4.	Průřezová témata a mezipředmětové vztahy .....	62
5.2.1.5.	Pomůcky.....	62
5.2.1.6.	Časový rozpis výukových aktivit .....	63
5.2.1.7.	Použité výukové metody .....	64
5.2.1.8.	Zhodnocení vyučovací hodiny.....	67
5.2.2.	Laboratorní práce s tematikou láčkovek .....	68
5.2.2.1.	Realizace laboratorní práce.....	68
5.2.2.2.	Materiál a pomůcky .....	68
5.2.2.3.	Průběh laboratorní práce.....	68
5.2.2.4.	Pracovní postup a úvodní informace .....	69
5.2.2.5.	Zhodnocení laboratorní práce.....	70
5.2.3.	Exkurze s tematikou láčkovek – BZ Liberec .....	71
5.2.3.1.	Realizace exkurze .....	71
5.2.3.2.	Průběh exkurze .....	72
5.2.3.3.	Zhodnocení exkurze .....	72

5.2.4.	Zhodnocení výukového bloku zaměřeného na láčkovky .....	72
<b>6.</b>	<b><i>Závěr</i></b> .....	<b>74</b>
<b>7.</b>	<b><i>Seznam použitých informačních zdrojů</i></b> .....	<b>75</b>
7.1.	Literatura .....	75
7.2.	Internetové zdroje .....	80
<b>8.</b>	<b><i>Seznam a zdroje obrázků</i></b> .....	<b>81</b>
8.1.	Seznam obrázků .....	81
8.2.	Zdroje obrázků .....	82
<b>9.</b>	<b><i>Seznam tabulek</i></b> .....	<b>85</b>
<b>10.</b>	<b><i>Přílohy</i></b> .....	<b>86</b>
10.1.	Příloha I. – Protokol k laboratorní práci .....	86



## 1. Úvod

Diplomová práce je zaměřena na masožravé rostliny rodu láčkovka (*Nepenthes*) a výuku tohoto tématu v rámci výuky botaniky na základní škole a víceletých gymnáziích. Láčkovky jsou krytosemenné rostliny, které představují pro žáky velice atraktivní téma vzhledem k jejich specifickým požadavkům na prostředí a masožravosti.

Během své pedagogické praxe, ať už v rámci povinných praxí na Pedagogické fakultě UK, nebo během výuky přírodopisu na základní škole v rámci mé profese, jsem měl možnost pozorovat rozličné postoje žáků k různým oborům biologie. Vypozoroval jsem, že zájem o studium botaniky je mnohem nižší, než zájem o studium jiných biologických oborů jako například biologie živočichů nebo biologie člověka. Jedním z důvodů, proč žáci vnímají botaniku jako nudné téma je nedostatek motivace k poznávání této součásti přírody již od dětství. Děti nebývají moc často vedeny k zájmu o rostliny a návštěvy zoologických zahrad jsou mnohem častější než návštěvy zahrad botanických. Dalším důvodem může být malá atraktivita učiva probíraného v rámci botaniky způsobená například nevhodnými výukovými formami a metodami.

Změnit postoj žáků k botanice jako takové prostřednictvím atraktivního tématu láčkovek bylo mojí hlavní motivací pro volbu tohoto tématu. Zároveň jsem chtěl touto diplomovou prací navázat na moji bakalářskou práci „Masožravé rostliny a jejich využití ve výuce“, která se zabývala obecným využitím masožravých rostlin ve vzdělávacím procesu.

Diplomová práce obsahuje teoretickou část, ve které charakterizují rod láčkovka z hlediska anatomie, morfologie a ekologie těchto masožravých rostlin. Tato část také představuje vybrané druhy láčkovek. Druhou částí je část praktická botanická, ve které jsem provedl terénní výzkum rozdílů v kyselosti trávicích šťáv různých druhů láčkovek a připravil si tak podklady pro laboratorní práce v rámci výuky botaniky. Ve třetí části této práce představuji didaktické využití láčkovek a uvádím zde vlastní náměty aktivit, které by mohly lépe motivovat žáky a popularizovat výuku botaniky. Hlavním cílem diplomové práce je tedy přehledné zpracování tématu láčkovek pro didaktické využití ve výuce na základních školách a víceletých gymnáziích včetně ověření vytvořených didaktických materiálů ve vlastní výuce

## **2. Cíle diplomové práce**

- Charakterizovat rod láčkovka z hlediska taxonomie, morfologie, anatomie a ekologie a vytvořit ucelený zdroj informací o tomto rodu.
- Popsat vybrané druhy láčkovek.
- Zjistit a srovnat kyselost trávicích šťáv v pastech vybraných rostlin rodu láčkovka a vytvořit si tím podklady pro tvorbu didaktických materiálů.
- Navrhnout modelovou výuku láčkovek a ověřit ji ve vlastní výuce.

### 3. Teoretická část

#### 3.1. Masožravost rostlin

##### 3.1.1. Základní fakta a historie

První zmínka o schopnosti rostlin lapat hmyz pochází z roku 1759, kdy guvernér Severní Karolíny Arthur Dobbs objevil mucholapku podivnou (*Dionaea muscipula*), později se tato rostlina dostala do rukou obchodníka Johna Ellise, který se jako první domníval, že odchyt hmyzu do pastí souvisí s výživou rostliny. V průběhu dalších let se postupně objevovaly další druhy masožravých rostlin, které disponovaly širokou škálou lapacích systémů (STUDNIČKA, 1984). Historické prvenství mezi masožravými rostlinami drží láčkovka madagaskarská (*Nepenthes madagascariensis*), která byla popsána již v roce 1658, kdy byla objevena guvernérem Madagaskaru Étienne de Flacourt (ŠVARC, 2003).

Vzhledem k absenci fosilií nejsme schopni přesně stanovit geologické období, ve kterém se masožravé rostliny objevily. Můžeme však předpokládat, že všechny masožravé rostliny nepocházejí z jednoho předka, ale vyvíjely se v rámci různých, vzájemně nepříbuzných skupin. Toto tvrzení dokazuje fakt, že způsoby lapání hmyzu, anatomie a morfologie jednotlivých rodů a také způsob trávení kořisti je v rámci masožravých rostlin velmi různorodý. Společného předka můžeme předpokládat maximálně u rostlin patřících do stejné čeledi, využívajících stejný typ lapacího ústrojí. Příkladem může být čeleď špirlicovité (Sarraceniaceae), do kterých patří rody *Sarracenia*, *Heliamphora* a *Darlingtonia*, které všechny využívají gravitační pastí na podobném principu (ŠVARC, 2003).

Kromě pojmu „masožravé (karnivorní) rostliny“ se v literatuře často objevuje synonymum „hmyzožravé (insektivorní) rostliny“, které se využívá hlavně v souvislosti s rosnatkami (*Drosera*) nebo tučnicemi (*Pinguicula*), jejichž hlavní podíl kořisti tvoří hmyz. Uvedení pojmu hmyzožravé rostliny v souvislosti s jinými rody jako například s bublinatkami (*Utricularia*) nebo láčkovkami (*Nepenthes*) by bylo nepřesné, protože tyto rostliny lapají kromě hmyzu také jiné členovce nebo dokonce drobné obratlovce. Z tohoto důvodu se používá obecnější termín „masožravé rostliny“ (STUDNIČKA, 1984).

V přírodě se vyskytuje poměrně velké množství rostlin, které nějakým způsobem lapají hmyz. Mnoho druhů rostlin disponuje lepkavým povrchem listů. Obvykle se jedná o způsob ochrany proti škůdcům (např. *Salvia glutinosa*, *S. patens* nebo *Nicotiana noctiflora*). Další rostlinou, která využívá lepkavou lodyhu je např. smolníčka obecná (*Lychnis viscaria*), která tímto způsobem zabraňuje lezoucímu hmyzu, aby se dostal k nektaru v květech. Někdy také může dojít k náhodnému úhynu živočicha v různých listů bromélií nebo např. v dutých šupinovitých listech na oddencích podbílků (*Lathraea*), odkud se živočich nemůže dostat. Tímto způsobem pravděpodobně v průběhu evoluce vznikaly masožravé rostliny s gravitačními pastmi, jako láčkovky nebo špirlice, jejichž listy původně sloužily jako cisterny na vodu. Sporné jsou také rostliny, které sice lákají a tráví kořist, ze které získávají důležité živiny, ale samy nevylučují trávicí enzymy. Příkladem mohou být rody *Heliamphora* a *Darlingtonia*, které k trávení kořisti využívají exoenzymy mikroorganismů. Kvůli těmto a dalším sporným rodům a druhům rostlin, které by mohly být považovány za masožravé byla stanovena definice, která zahrnuje soubor schopností, které musí mít masožravá rostlina, aby mohla být považovaná za masožravou (karnivorní syndrom). Z těchto vlastností je každá podmínka nutná, ale sama o sobě není postačující (STUDNIČKA, 2006):

- 1) „Schopnost lákat kořist k lapacím orgánům, tedy zvýšit pravděpodobnost polapení oproti četnosti náhodné.
- 2) Mít specializovaný orgán schopný polapit a zadržet přivábenou kořist.
- 3) Vytvořit prostředí pro trávení kořisti, buď pomocí vlastních enzymů, nebo i symbiotických mikroorganismů
- 4) Schopnost zužitkovat organické produkty trávení pro získání existenční výhody v podmínkách kritického nedostatku přístupných živin v prostředí, tedy významné podpory růstu nebo plodnosti“ (STUDNIČKA, 2006, s. 12)

### **3.1.2. Důvody existence masožravosti rostlin**

Masožravé rostliny rostou obvykle na biotopech, které jsou tzv. deficitním prostředím. V případě masožravých rostlin se jedná o nedostatek fosforu a dusíku. Deficitními prostředími mohou být laterity, rašeliny nebo křemičité pisky. Ačkoli nejsou tato místa pro růst rostlin ideálními prostředími, roste zde obvykle kromě masožravých rostlin minimálně několik dalších druhů. Masožravé rostliny jsou na tato prostředí lépe adaptované a tím pádem mají značnou evoluční výhodu oproti nemasožravým druhům, kterým musejí

konkurovat a soupeřit s nimi o sluneční energii, prostor i zdroje látek. Díky této adaptaci můžeme masožravé rostliny považovat za S-strategy, tedy rostliny, které jsou přizpůsobené stresovým podmínkám a tím pádem mohou osidlovat i pro jiné druhy nehostinná místa (STUDNIČKA, 2006).

Kromě dusíku a fosforu, kterých je v půdě obvykle nedostatek, dokážou rostliny přijímat i další prvky, které deficitní nejsou a ani je nijak neumí využít k podpoře růstu. Příkladem mohou být některé stopové a mikrobiogenní prvky, draslík, vápník a hořčík, které jsou zastoupeny v půdě dostatečně. Pokud by byla rostlina odkázána pouze na příjem živin z kořisti, stačil by hmyz o hmotnosti asi 1/3 celkové hmotnosti rostliny. Z toho vyplývá, že kořist nemusí být nijak velká ani četná. Zároveň je zajímavé, že rostliny dokážou pracovat s aminokyselinami, aniž by je musely dále rozkládat na anorganické rozpustné látky (STUDNIČKA, 2006).

Ačkoli zisk biogenních prvků z organické hmoty výrazně napomáhá rostlinám prosperovat, není to nezbytná podmínka pro přežití, protože kromě příjmu živin z organické hmoty přijímají minerální látky z prostředí a asimilují. U většiny rostlin pěstovaných v umělých podmínkách bylo zjištěno, že absence živin z organické hmoty nevede k úhynu rostliny ani k výrazné změně v prosperitě rostliny. Jedinou výjimkou mohou být některé druhy vodních bublinek, které při nedostatku kořisti (zooplanktonu) přechází do dormantního stavu díky celkovému oslabení rostliny. Podobně může reagovat i další vodní masožravá rostlina aldrovandka měchýřkatá (*Aldrovanda vesiculosa*), která využívá živočišný plankton jako jeden ze zdrojů uhlíku nezbytného i při fotosyntéze (SCHNELL, 2002).

Některé masožravé rostliny se dokonce druhotně odklonily od masožravosti a pro zisk živin zachytávají do svých pastí detrit, který opadáva ze stromů a keřů v okolí. Typickým příkladem tohoto jevu je *Nepenthes ampullaria*, která má gravitační past přeměněnou tak, aby maximalizovala množství zachyceného detritu. Dokonce dokáže zpracovat i části rostlin vlastního druhu, případně rodu. Zde můžeme pozorovat zvláštní druh kanibalismu u rostlin (CLARKE, 1997).

## 3.2. Rod láčkovka (*Nepenthes*)

### 3.2.1. Historie

První zmínka o masožravých rostlinách rodu *Nepenthes* pochází z druhé poloviny 17. století, kdy byla objevena láčkovka madagaskarská (*Nepenthes madagascariensis*), která je paradoxně jedinou láčkovkou, jež se vyskytuje mimo Asijský kontinent. O objev této rostliny se zasloužil tehdejší guvernér Madagaskaru Étienne de Flacourt. V této době ještě nebylo známo, že rostlina aktivně chytá a zpracovává drobnou kořist, kterou polapí do svých pastí. Latinský název jí byl přidělen C. Linném a v roce 1753 vstoupil v platnost (ŠVARC, 2003). První živou láčkovkou dopravenou do Evropy se však v roce 1750 stala *Nepenthes distillatoria*, která je endemitem na ostrově Cejlon (STUDNIČKA, 2007).

Dalším významným milníkem, který přispěl k popsání dalších druhů byl rok 1851, kdy britský důstojník H. Low nasbíral několik druhů láčkovek včetně *N. rajah* a *N. villosa* na Borneu a nechal je dopravit do Royal Botanical Gardens v Kew. Ředitel této botanické zahrady J. D. Hooker později v roce 1873 publikoval první monografii rodu, která čítala 33 druhů (STUDNIČKA, 2007).

Dodnes bylo objeveno asi 160 až 180 druhů (vzhledem k přírodnímu křížení rostlin není jasné, zda některé druhy nejsou pouze poddruhy). Přihlédneme-li k tomu, že od roku 1984, kdy STUDNIČKA uváděl počet druhů okolo 80, se počet druhů více než zdvojnásobil, předpokládá se, že toto číslo ještě poroste. (MURPHY et al., 2019).

Zajímavý je také původ latinského rodového jména *Nepenthes*. Tento název souvisí pravděpodobně s řeckým slovem „népenthés“, které znamená „žal utěšující“. Stejným názvem disponovala droga zmíněná v Homérově Odyseji. Carl Linné, který je autorem rodového jména si pravděpodobně při vymýšlení názvu vzpomněl na tuto drogu ve spojitosti s tekutinou uvnitř láček (STUDNIČKA, 2007). Na Srí Lance a v Malajsii (možná i v jiných částech světa) tekutinu z mladých láček opravdu využívají, ovšem ne jako drogu, ale jako zdroj čisté pitné vody a údajně také proti bolestem žaludku. STUDNIČKA, 2007 uvádí, že členové Československé botanické společnosti tekutinu ochutnávali a zjistili, že tekutina je nevalné chuti, ale neškodná. Naopak je pro své bakteriostatické účinky použitelná jako dezinfekční roztok a údajně také účinně zastavuje krvácení.

Osobně jsem tekutinu z láček ochutnával na Srí Lance a musím konstatovat, že v tomto horkém podnebí byla velmi osvěžující a poměrně lákavá, vzhledem k absenci pitné vody mimo plastové láhve.

### 3.2.2. Taxonomie a fylogeneze rodu

Rod *Nepenthes* (láčkovka) je jediným rodem monotypické čeledi Nepenthaceae (láčkovkovité), která je řazena do řádu Caryophyllales (hvozdíkotvaré), do kterého patří také některé další čeledi masožravých rostlin včetně jejich nejbližších příbuzných, Droseraceae (rosnatkovité), které jsou navzdory rozdílnému způsobu lapání kořisti více příbuzné než například čeleď Sarraceniaceae (špirlicovité), které využívají taktéž gravitační pasti. Tento fakt poukazuje na rozdílný vývoj morfologicky podobných rostlin. Kromě čeledi Droseraceae jsou k Nepenthaceae blíže příbuzné i čeledi Ancistrocladaceae, Dioncophyllaceae a Drosophyllaceae. Ze zmíněných čeledí všechny kromě Ancistrocladaceae zahrnují některé masožravé rody rostlin (*Drosera*, *Drosophyllum* a *Triphyphyllum*). Všechny tyto čeledi pak tvoří monofyletickou větev řádu Caryophyllales (MURPHY et al., 2019).

Všechny druhy láčkovek sice spojuje podobná stavba květu a také přítomnost lapacího orgánu (láčky), ale zároveň disponují obrovskou variabilitou pastí mezi jednotlivými druhy. Za zmínku stojí například *N. truncata*, která dokáže svými až 30 centimetrů dlouhými láčkami běžně ulovit i hlodavce nebo ještěrky, vedle *N. inermis* s drobnými láčkami bez peristomu, které mohou fungovat jako gravitační i jako adhezní pasti zároveň. Kromě morfologické variability pastí je zajímavá i potravní specializace jednotlivých druhů od zmíněné *N. truncata* po *N. ampullaria*, která se od masožravosti odklonila k zachycování detritu padajícího z vyšších pater pralesa. Další ekologickou adaptací je mimo jiné rozdílná nadmořská výška, ve které mohou láčkovky růst. Ideální nadmořská výška pro láčkovky se pohybuje od 0 metrů nad mořem (u nížinných druhů) po téměř 3000 metrů nad mořem u vysokohorských druhů. Tyto a také další adaptace jsou typickým příkladem adaptivní radiace, která je u tohoto rodu patrná. Významnou roli v diverzifikaci a speciaci rodu hraje také geografická oblast, ve které se daný druh vyvíjel (MURPHY et al., 2019).

Fylogeneze rodu *Nepenthes* začala pravděpodobně již v pozdní křídě, kdy došlo k oddělení skupiny čeledí Ancistrocladaceae, Dioncophyllaceae a Nepenthaceae od čeledi Droseraceae. Samotné rozšiřování a vývoj této skupiny rostlin začal přibližně před 70-60

miliony lety a probíhal hlavně během pozdního paleocénu a eocénu. Oddělení monotypické čeledi Nepenthaceae mohlo proběhnout ve středním eocénu, což by vysvětlovalo pozdní vznik nových druhů v období miocénu (BISWAL et al., 2018).

### 3.2.3. Anatomie a morfologie rodu

Láčkovky patří mezi terestrické nebo epifytické rostliny, které mohou dorůstat až několikametrových rozměrů. Nejen proto bývají považovány za jedny z nejúžasnějších rostlin na světě, ačkoli je většina z nás viděla pouze v encyklopediích nebo botanických zahradách (CLARKE, 2001).

Rostlina na první pohled zaujme různorodými gravitačními pastmi (láčkami), které vyrůstají na konci úponků. Úponky jsou podle nových poznatků pravděpodobně pokračováním středního listového žebra (STUDNÍČKA, 2006). Opomeneme-li láčky samotné, rostliny jsou bez pastí poměrně nezajímavé a jsou často obklopené uschlými listy a láčkami z minulých vegetačních sezón. Květenství je velice nenápadné a v rostlinné říši proto najdeme mnohem zajímavěji kvetoucí rostliny.

#### 3.2.3.1. Kořenový systém

Kořenový systém láčkovek není obvykle předmětem zájmu botaniků, kteří se soustředí převážně na ostatní části rostliny. Důvodem je především fakt, že kořenový systém často nebývá příliš vyvinut (někdy chybí úplně), vzhledem ke spíše epifytickému způsobu života rostliny. Kořeny samotné jsou černé nebo hnědé o průměru do 2 mm a v substrátu se hodně větví (CLARKE, 2001). Některé druhy mohou vytvářet až několik metrů dlouhé dřevnatící podzemní prýty. Typickým příkladem druhu s těmito prýty je *Nepenthes ampullaria* (ŠVARC, 2003).

Pomineme-li epifytické rostoucí druhy, terestrické láčkovky mohou mít poměrně rozsáhlý kořenový systém. U volně rostoucích rostlin

Obrázek 1: Kořenový systém láčkovky



Zdroj: <https://carnivorousplantresource.com>



*Nepenthes gracilis* v poloostrovní Malajsii proběhl výzkum pod vedením A. Morana, při kterém botanici zjistili mykorrhizní symbiózu s houbami. Pro potvrzení tohoto významného objevu jsou potřeba ještě další experimenty. Pokud dojde k oficiálnímu potvrzení mykorrhizy u *Nepenthes gracilis*, bude se jednat o největší objev spojený s láčkovkami od objevu masožravosti těchto rostlin (CLARKE, 2001).

### 3.2.3.2. Stonek

Stonky láčkovek jsou poléhavé nebo popínavé. Vzhledem k tomu, že obvykle nejsou schopny udržet plnou váhu rostliny, jsou závislé na přichycení k okolní vegetaci. Když rostlina vyrůstá na otevřeném prostranství, stonky mají tendenci se přichytit a šplhat po jakémkoli objektu v okolí rostliny. Obvyklá délka stonku dospělé rostliny bývá mezi dvěma až pěti metry, ale některé druhy mohou dosahovat délky přes 20 metrů. Morfologie stonku se liší v závislosti na druhu rostliny. Stonky mohou z hlediska průřezu válcové, křídlaté nebo hranaté, pokryté trichomy či zcela lysé. Barevné odstíny se pohybují od světle zelené po tmavě červenou. Listy ze stonku vyrůstají jednotlivě. Nad místy, kde se listy připojují ke stonku se nachází uzliny obsahující „spící“ meristémy, které se aktivují při odlomení stonku nad kolénkem. Tato spící dělivá pletiva jsou stejně jako u většiny rostliny ovlivňována negativní zpětnou vazbou, kdy apikální meristém (vzrostlý vrchol stonku) produkuje hormony, které inaktivují dělivou aktivitu meristémů v nižších částech stonku. V případě, že je vzrostlý vrchol stonku odstraněn, ustává produkce hormonů a dormantní uzlina se objeví jako malý pupen v mělké štěrbině na stonku až 1 centimetr nad listovou

Obrázek 3: Shluk láček *Nepenthes ampullaria* na vyšší části stonku

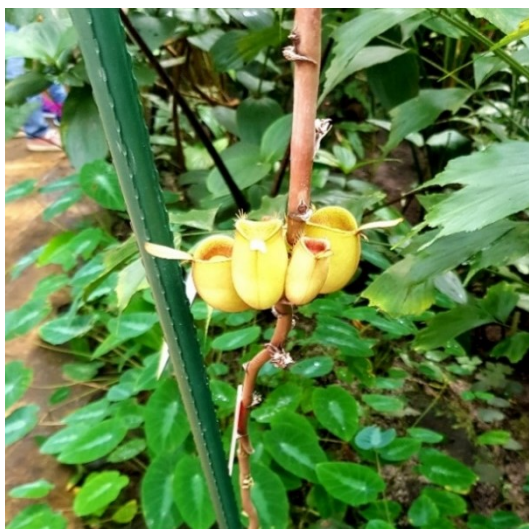


Foto Michal Burian

Obrázek 2: Přízemní shluk láček *Nepenthes ampullaria*



Foto Michal Burian

bázi (CLARKE, 1997). Z hlediska růstu stonku můžeme u láčkovek pozorovat dvě různé strategie. Dospělé rostliny většiny druhů produkují jeden či více hlavních výhonků, které neobsahují aktivní uzliny pod vzrostným vrcholem stonku. Pouze v případě poškození rostliny se aktivují uzliny pod vrcholem a zahájí růst nového stonku. Druhou strategii můžeme pozorovat zejména u *Nepenthes ampullaria*, na jejíž bázi stonku se nachází mnoho aktivních uzlin, ze kterých vyrůstají malé listy a shluky láček. Někdy se může stát, že uzliny na vyšších částech stonku dělají to samé a podobný shluk láček s malými listy se objeví ve vzduchu místo v obvyklé přízemní růžici. Klasické velké listy rostou pouze na dlouhých stoncích a nebývá jich mnoho. Uzliny vytvářející přízemní růžice láček nemívají tendenci postupovat, pokud není porušen vzrostný vrchol hlavního stonku (CLARKE, 1997).

Další specialitou *Nepenthes ampullaria* a také *Nepenthes bicalcarata* je produkce dřevnatých prýtů, které rostou v půdě pod povrchem a vyhání nové stonky v blízkosti původní rostliny. Na první pohled se může zdát, že se jedná o několik rostlin na jednom místě, ale všechny stonky pocházejí z jedné původní rostliny. *Nepenthes bicalcarata* je kvůli tomuto rozrůstání považována za největší rostlinu rodu *Nepenthes*, ovšem pouze co se délky týče. Ve velikosti láček má prvenství *Nepenthes rajah*, která však může dorůst celkové délky jen okolo třech metrů (CLARKE, 1997).

Co se tloušťky stonku týče, jedná se také o velmi variabilní údaj vzhledem k množství druhů. Nejtenčí stonky (několik milimetrů) má *Nepenthes gracilis*, mezi nejtlustší se řadí také *Nepenthes bicalcarata*, jejíž stonky mohou být přes 3 centimetry tlusté.

Vzhled stonku se mění i během dospívání rostliny. Mladé rostliny vytváří kompaktní růžice listů, v průběhu dalšího růstu se vzdálenosti mezi jednotlivými listy prodlužují a jejich délka se zkracuje. Zkracování listů a prodlužování internodií končí s dospělostí rostliny, která nastává okolo třetího až čtvrtého roku. Poté může následovat kvetení. Tento běžný koncept růstu láčkovek se samozřejmě může měnit v závislosti na druhu rostliny (CLARKE, 2001). Dlouhé šplhavé prýty s narůstající výškou ztrácí listy, zelená barva se mění na hnědou a na první pohled vypadá lodyha mrtvá. Stonkem však stále vede střední válec s aktivními vodivými pletivy. Na stonku se mohou také stále zakládat adventivní pupeny, ze kterých mohou vyrůst další odnože (STUDNIČKA, 2006).

### 3.2.3.3. Listy

V listech, potažmo v pastech láčkovek spočívá velká evoluční výhoda, která tvoří tento rod rostlin zajímavým. Jejich listy se velice liší strukturou, barvou, tvarem velikostí a samozřejmě pastmi. Jedná se o hlavní znak, podle kterého se dají jednotlivé druhy určit. Existuje hned několik teorií, které vysvětlují vznik listů, jenž jsou zakončeny lapacím ústrojím. První teorie tvrdí, že asimilační část (samotný list) je přeměněným spodkem listu (částí, kterou nasedá list na stonek). V tomto případě by úponka, na které je zavěšena láčka byla řapíkem a láčka samotná by vznikla složitou přeměnou čepele listu. Vědci zastávající druhou teorii mají za to, že úponka je jen pokračováním středního žebra listu a lapací ústrojí by bylo přeměnou pouze části listu (STUDNIČKA, 2006). Osobně je mi bližší druhá teorie vývoje, která je uváděna i v novější literatuře.

Samotný list je tvořen několika částmi – asimilační plochou obvykle kopinatého tvaru, většinou ovíjivou úponkou, která je velmi pevná a dokáže rostlinu dokonale přichytit na větve okolní vegetace a v neposlední řadě láčky konvicovitého tvaru, které slouží jako past (STUDNIČKA, 2006). Délka listů se pohybuje od cca 5 centimetrů po 1 metr (CLARKE, 1997).

Ke stonku mohou být listy připevněny přímo bází čepele listu, případně může být mezi stonkem a čepelí přítomen řapík. Řapíky mohou být ploché nebo mohou mít na svrchní straně drážku, potom se nazývají řapíky rýhované. Na řapíku mohou být přítomna tzv. křídla, tedy podélné lemy po stranách řapíku, které mohou přecházet na stonek a dodávat křídlatý vzhled i stonku. Okraje a povrch čepele může být hladký nebo více či méně chlupatý. Trichomy některých druhů mohou odpadávat po zestárnutí části rostliny, ze které vyrůstaly.

Obrázek 5: Listy *Nepenthes reinwardtiana* připojené ke stonku bází listu



Foto Michal Burian

Obrázek 4: Listy *Nepenthes nebularum* připojené ke stonku řapíkem



Zdroj: <https://www.exoticaplants.com.au>



Proto můžeme často pozorovat mladé rostliny, jejichž povrch bývá pokryt mnoha trichomy. Svrchní povrch čepele pokrývá souběžná a zpeřená žilnatina. Souběžná žilnatina probíhá od jednoho konce čepele k druhému, zatímco zpeřená žilnatina vytváří síť žilek větvících se do několika směrů. Pro určení některých druhů láčkovek je důležitým znakem stupeň vývoje souběžné žilnatiny (CLARKE, 1997).

Ze špičky (vrcholu) čepele vyrůstají úponky, které jsou pravděpodobně pokračováním středního žebra listu a mohou nést láčky. Na mladých rostlinách nebo na rostlinách tvořících menší růžice listů bývají krátké. Čím větší je pak růžice listů, tím delší bývají úponky. Nejdelší úponky bývají pozorovány na vyšších částech šplhajícího stonku. Na konci úponky se vytváří malé ploché pupeny, z kterých se po fyziologické aktivaci vytváří láčka. Není však pravidlem, že z každého pupenu se musí vyvinout láčka. Příčinou neaktivního pupenu bývá nejčastěji nedostatek světla, nízká vzdušná vlhkost nebo poškození pupenu (platí zpravidla při domácím pěstování) (CLARKE, 1997).

Kromě délky úponky je možné rozlišit také tvar úponky, který závisí na tom, zda se jedná o rostlinu rostoucí v růžici, u kterých bývají úponky rovné, nebo o rostlinu se šplhajícím stonkem, která obvykle disponuje úponkami zahnutými, někdy spirálovitě stočenými. Pokud se tyto úponky dostanou do kontaktu s nějakým objektem nebo jinou rostlinou, obtočí se jednou nebo vícekrát kolem objektu za účelem odlehčení

Obrázek 6: Úponka přichycující láčku *Nepenthes fusca* k jiné rostlině



Foto Daniel Pražák

a podepření rostliny. Stonky sice dokážou zůstat ve vzpřímené pozici opřením o jinou rostlinu, ukotvením úponkou však zabrání shození rostliny například větrem. Dalším pozitivem je, že při přichycení úponkou nemusí nést stonek celou váhu láček naplněných trávící tekutinou (CLARKE, 1997).

Z hlediska anatomické stavby se list láčkovek skládá z kutikuly, horní epidermis s jednou nebo dvěma vrstvami hypodermálních buněk obsahujících krystaly, dále z mezofylu tvořeným dvěma až třemi vrstvami palisádového parenchymu a čtyřmi až šesti vrstvami rozptýlených buněk houbovitého parenchymu. Spodní vrstvu listu tvoří spodní hypodermis a epidermis a kutikula (OSUNKOYA, 2017).

### 3.2.3.4. Láčky

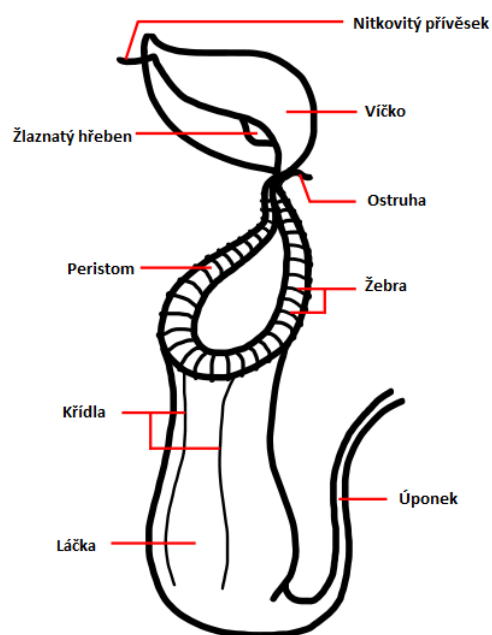
Jak již bylo zmíněno, není pravidlem, že na konci každého listu musí vyrůst láčka. Ve skutečnosti se na rostlině nachází mnoho listů bez láček. Prvním znamením, že na listu vzniká láčka je zduření na konci úponky, které se poměrně rychle zvětšuje. Během dozrávání pupenu na konci úponky obvykle dochází k náhlému naplnění vzduchem a vytvořením trojrozměrné uzavřené láčky. Během dozrávání získávají láčky také barvu, ale víčko zůstává uzavřené. Až během dalšího zbarvování a zvětšování láčky se víčko postupně otevírá. Po otevření víčka už bývá láčka zpravidla naplněná tekutinou, stěny však zůstávají tenké. Až během 10 dní po otevření víčka, během kterých stěny láčky zesílí, se dá láčka považovat za dozralou (SLACK, 2001).

Ačkoli se vzhled láček jednotlivých druhů *Nepenthes* liší, můžeme na láčkách pozorovat shodné základní znaky. Láčky všech druhů obsahují čtyři základní části: víčko (latinsky operculum), které shora kryje ústí lemované obústím (peristomem) a samotná láčka, která je uvnitř většinou rozdělena na svrchní voskovou část a spodní žláznatou část tvořenou trávícími žlázami (CLARKE, 2001).

Víčko (operculum) bývá často spojováno s mechanickým pohybem a uzavřením pasti po lapení kořisti. Pokud by však láčky fungovaly na mechanickém sklápovacím principu podobně jako například u mucholapky podivné (*Dionaea muscipula*), připravily by se o velké množství kořisti, která do láček může padat v podstatě nepřetržitě (SLACK, 2001). Víčko na lálce plní dvě hlavní funkce. První funkcí je lákání kořisti, která je k lálce vábena barvou, pachem a nektarem, který je vylučován na víčku, ale i na jiných částech láčky. Nektarové žlázy na víčku jsou však mnohem větší a výkonnější než žlázy na ostatních

částech láčky (STUDNIČKA, 2006). Víčko zároveň může sloužit jako „přistávací dráha“ pro hmyz. Druhou funkcí je ochrana před deštěm, který by mohl zředit trávicí šťávy a tím pádem snížit efektivitu trávení (STUDNIČKA, 1984). Některé druhy mohou mít ještě ostruhu na spojnici víčka a láčky, obvykle směřující dozadu. Funkce této ostruhy není známa, pokud nějakou funkci vůbec má (CLARKE, 1997).

Obrázek 7: Stavba láčky



Zdroj: <https://bn.m.wikipedia.org>

Pod víčkem se nachází ústí láčky, které je lemováno obústím neboli peristomem, což je lem ztvrdlého pletiva válcovitého tvaru přecházející dovnitř láčky. Je složen z řady žeber, která mohou být ostrá nebo hladká a směřují k nektarovým žlázám, které jsou umístěny na vnitřní straně láčky. U některých druhů tvoří žebra peristomu výrazné ostny, zatímco u jiných druhů jsou zaoblené a krátké. Jiné druhy mají peristom redukovaný na mikroskopické valy mírně vystupující na nevýrazném okraji. Peristom může u některých druhů chybět úplně, jako například u *N. inermis* (CLARKE, 2001). Častá je také nápadná pestrost peristomu. Barvy obústí se pohybují od nejčastější červené až červenohnědé po žlutou nebo červenozeleně proužkovanou, zřídka kdy je zelené (STUDNIČKA, 2006). Funkcí peristomu je opět lákání kořisti ať už svým vzhledem, nebo nektarovými žlázami umístěnými mezi žebry a také na vnitřním okraji peristomu. Zároveň může dosednuvší hmyz ztratit rovnováhu na kluzkém povrchu peristomu a spadnout do láčky, ze které už se přes kluzké obústí a voskovitou vrstvu uvnitř láčky nedostane. Morfologie peristomu je také velmi dobrým a důležitým určovacím znakem (CLARKE, 1997).

Samotné tělo láčky bývá obvykle také různě zbarvené od zelené přes červenou a hnědou až po žíhanou barvu. Velkou roli ve zbarvení láček hraje také množství světla, které má rostlina k dispozici. Anatomicky je vnější povrch láčky poměrně jednoduchý a nevýrazný až na řídce rozložené nektarové žlázy. Tvar láčky může být různorodý v závislosti na druhu. Obvykle mívá tvar džbánu, který je v jednom místě mírně zúžený. Místo zúžení láčky bývá u každého druhu jiné a může to být dobrý poznávací znak při určování druhu.

Dalším důležitým rozlišovacím znakem je tvar a velikost křídel, která se obvykle nachází na přední straně láčky. Pokud jsou křídla přítomna, bývají pokryta chloupky (CLARKE, 2001). Není přesně jasné, jakou mají křídla na láčce funkci. Vědci se nejprve domnívali, že hrají roli v lapání hmyzu, ale když odstranili křídla na láčce *N.rafflesiana*, která disponuje jedněmi z největších křídel, zjistili, že láčka s odstraněnými křídly polapila stejné množství hmyzu jako ta, které křídla zůstala (KATO, 1993). Láčky, které vyrůstají na vrchní části rostliny nemusí mít křídla vůbec a mohou být maximálně pokryty chloupky (CLARKE, 2001).

Na vnitřním povrchu láček můžeme rozlišit dvě vrstvy. Horní vrstva je matně šedá, někdy zbarvená dočervena a pokryta křehkou voskovitou kutikulou, která se snadno odlomí spolu s lezoucí kořistí. STUDNIČKA, 2006 nazývá tuto vrstvu vrstvou zadržovací, která zabraňuje hmyzu uniknout z láčky. U starších láček se vosková vrstva obvykle nevyskytuje, u některých druhů dokonce ani u mladých láček (CLARKE, 2001). Druhá vrstva je lesklá a nachází se zpravidla ve spodní části láčky. Je tvořena makroskopickými mnohobuněčnými trávicími žlázami uloženými ve váčcích směřujících směrem dolů. Tato část je zatopena viskózní vysoce smáčivou tekutinou (STUDNIČKA, 2006). Trávicí žlázy neslouží jen k produkci trávicí tekutiny, ale také k vstřebávání živit vzniklých při rozkladu kořisti (SLACK, 2001).

Obrázek 8: Vnitřní povrch láčky *N. reinwardtiana*



Foto Daniel Pražák



Na jedné rostlině můžeme rozlišit tři typy láček, a to juvenilní láčky, které se objevují na prvních listech rostliny, jsou zelené a téměř u každého druhu podobné. V tomto stádiu prakticky není možné přesně určit druh rostliny. Druhým typem láček jsou dospělé spodní láčky, které se nachází obvykle na spodní části rostliny s úponkou přirostlou zpředu na straně křídel, která obvykle u tohoto typu pastí bývají vyvinuta. Třetí typ láček jsou dospělé horní láčky, které jsou k úponce přichyceny zezadu a křídla jsou buď redukována nebo jsou méně výrazná. Tento typ pastí najdeme nejčastěji na vyšších částech rostliny. Není pravidlem, že každý druh láčkovky musí nezbytně vytvářet všechny typy pastí. Například *N. pectinata* netvoří horní typy pastí a u *N. ventricosa* zase naopak nenajdeme spodní typ pastí (ŠVARC, 2003).

U láček některých zástupců rodu *Nepenthes* můžeme pozorovat různé zvláštnosti. Příkladem může být *N. bicalcarata*, která má peristom protažený do dvou hadích zubů na spodní straně víčka nebo *N. albomarginata*, která disponuje bílým plstnatým páskem pod peristomem. Dalšími druhy, které se vzhledově velmi liší od ostatních jsou *N. aristolochioides* a *N. klosii*, které mají hrdlo pasti orientované na stranu a tím pádem vzdáleně připomínají ptačí budku. Zajímavé jsou také pasti *N. dubia* a *N. ampullaria*, jejichž víčka jsou malá a odkloněná od hrdla pasti (STUDNIČKA, 2006).

Obrázek 10: Juvenilní láčka *N. ampullaria*

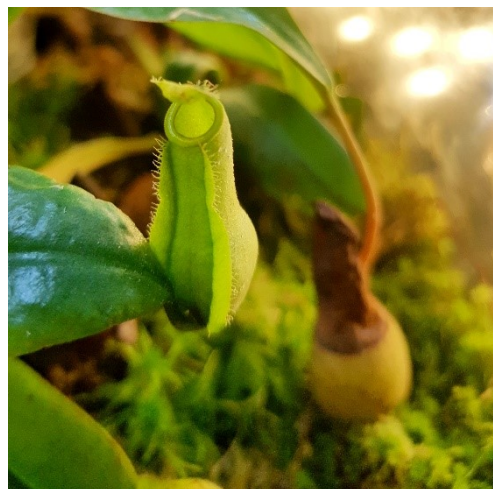


Foto Michal Burian

Obrázek 9: Spodní láčka *N. fusca*



Foto Michal Burian

Obrázek 11: Horní láčka *N. fusca*



Foto Michal Burian



### 3.2.3.5. Květ

Láčkovky jsou rostlinami dvoudomými, existují tedy dva typy květů – samčí a samičí s tím, že na jedné rostlině se vždy vyskytuje pouze jeden typ květů. Oba typy květů jsou si velmi podobné (ŠVARC, 2003). Květy jsou drobné (asi 1 cm), zlatohnědé až hnědočervené vyznačující se nepříjemným zápachem připomínajícím myšinu. Vzhledem k tomu, že jsou květy čtyřčetné (výjimkou je *N. parvillei*, která má trojčetné květy), můžeme rozlišit čtyři okvětní lístky vylučující nektar (STUDNIČKA, 1984). Samčí květy obsahují sloupek srostlých nitěk se skupinou prašníků na vrcholu. Samičí květy mají elipsoidní svrchní semeníky uvnitř rozdělené na čtyři dutiny (CLARKE, 2001).

Obrázek 13: Detail samičího květu



Zdroj: <https://www.flickr.com/photos/dehill/>

Obrázek 12: Detail samčího květu



Zdroj: <https://www.carnivorousplants.org>

Květy obvykle vyrůstají v květenstvích, která obsahují až několik desítek květů. V literatuře se odborníci neshodují, ke kterému typu tato květenství zařadit. STUDNIČKA, 1984 a 2006 a ŠVARC, 2003 se přiklání k vrcholičnatému (cymóznímu) květenství. Naopak CLARKE, 2001 a SLACK, 2001 uvádějí, že se jedná o hroznovité (racemózní) květenství, nejvíce typu hrozen a lata. Osobně mi přijde, že u některých druhů se může jednat o cymózní květenství, ale v drtivé většině případů bych květenství zařadil mezi racemózní. Obecně platí, že samčí květenství nese více květů než samičí. Samčí květy rozkvétají postupně, tudíž je větší šance k opylení samic, jejichž květy bývají připravené k opylení poměrně dlouho (STUDNIČKA, 2006).

Obrázek 14: Samčí květenství



Zdroj: <https://commons.wikimedia.org>

Hlavními opylovači jsou různé druhy hmyzu, nejčastěji mravenci a dvoukřídli (CLARKE, 2001).

Díky shodnému počtu chromozomů u cytogeneticky prozkoumaných druhů ( $2n=80$ ) je možné křížení, ke kterému dochází běžně i v přírodě. Proto můžeme najít mnoho přírodních hybridů (STUDNIČKA, 2006). Křížení se hojně využívá i v pěstitelství, protože je obvykle těžké sehnat samčí i samičí rostlinu stejného druhu, využívají se k opylení rostliny jiného druhu. Hybridy také bývají často odolnější ve srovnání se svými rodiči. Tomuto jevu se říká heterózní efekt (SLACK, 2001).

### 3.2.3.6. Plod a semena

Po zhruba třech měsících od oplození dozrávají semeníky samičích květů v tobolky, které obsahují velké množství semen (100-10 000 dle druhu). Tobolky se skládají ze čtyř komor, které po dozrání praskají podél okrajů a odhalují podélná bělavá až hnědá semena dlouhá 0,5 – 3 centimetry, která bývají rozšiřována vzdušnými proudy (anemochorně), což jim umožňuje duté konce osemení, které tvoří jakési létací zařízení. Osemení ukrývá jádérko z dvouděložného embrya a endospermu. U některých druhů (*N. argentii*, *N. northiana*, *N. pervillei* nebo *N. sibuyanensis*) se toto duté osemení nevyskytuje. Jejich semena se většinou šíří pouze na krátké vzdálenosti vodou nebo rozkýváním plodenství (hydrochorně nebo boleautochorně) (STUDNIČKA, 2006).

### 3.2.4. Trávicí tekutina a trávení kořisti

Trávicí tekutina je slabě viskózní a disponuje vyšší smáčivostí než voda. Díky této skutečnosti dochází ke snadnějšímu utopení hmyzu. Samotný rozklad kořisti probíhá pomocí trávicích enzymů, které patří do skupin endopeptidáz a karboxylesterhydroláz a také exoenzymů produkovaných symbiotickou mikroflórou. Kořist bývá obvykle zpracována během několika hodin (STUDNIČKA, 2007). Bylo prokázáno, že trávicí aktivita enzymů je tím vyšší, čím

Obrázek 15: Tobolky *N. distillatoria*



Foto Michal Burian

Obrázek 16: Semena láčkovky



Zdroj: <http://www.karnivores.com/>

nižší je pH trávicí šťávy. Optimální pH pro trávení kořisti je 2–3. Nejvyšší kyselost vykazuje tekutina v čerstvě otevřených láčkách. S postupným stárnutím láček se pH trávicí tekutiny zvyšuje a tím pádem se snižuje účinnost trávicích enzymů. Kyselost trávicí tekutiny se také liší v závislosti na tom, zda je pH měřeno poblíž žláz nebo na hladině tekutiny (CLARKE, 2001).

Trávicí tekutina v láčkách obsahuje kromě proteáz také různé esterázy, fosfatázy, ribonukleázy a chitinázy. Z proteáz jsou nejvíce zastoupeny tzv. nepenthesiny (I a II), které jsou pojmenovány podle rostlin rodu *Nepenthes* a jsou převažujícími enzymy, které se vyskytují v trávicí tekutině. V ještě neotevřených láčkách můžeme najít sterilní tekutinu rostlinného původu, což zajišťuje možnost použít tuto tekutinu jako zdroj pitné vody (BUCH et al., 2015).

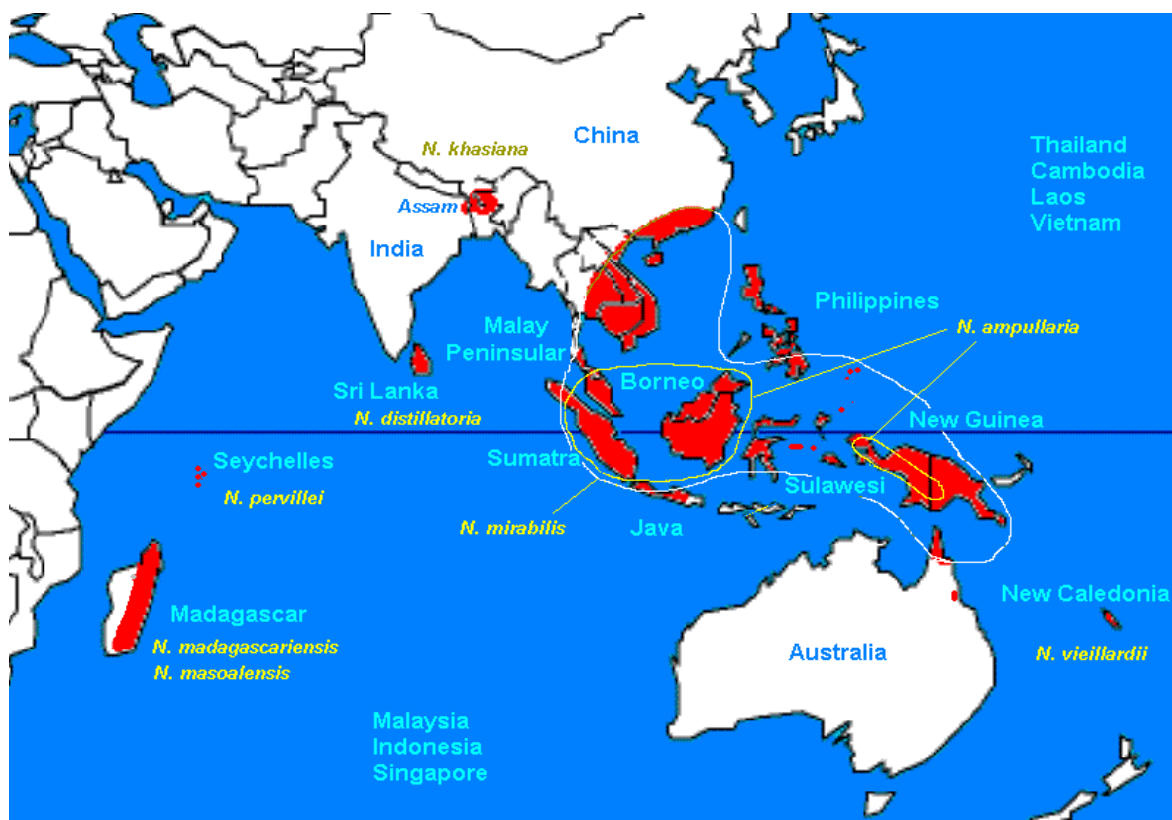
Důležitou roli při trávení kořisti hrají také různé symbiotické organismy v láčkách, které pomáhají narušit obvykle tvrdou schránku kořisti a tím otevřít větší prostor pro trávicí enzymy. Význam mají také v „úklidu“ nestravitelných zbytků z pasti, čímž zabraňují hnilobným procesům (sama trávicí tekutina má také bakteriostatické účinky). Nejznámější komenzálové z konvic láčkovek jsou např. loupeživí pavouci *Misumenops nepenthicola*, *Thomissus nepenthephillus* nebo *Theridion decaryi*. S ubývající enzymatickou aktivitou přibývá množství symbiotických organismů v lácce (STUDNIČKA, 2007).

### 3.2.5. Rozšíření

Rod *Nepenthes* je rozšířen v tropickém až subtropickém pásu východní polokoule od Madagaskaru přes Seychely až po Novou Kaledonii. Severní hranicí je malý areál v jižní Číně a jižní hranici tvoří Queensland v Austrálii. Největší koncentrace druhů je v Indonésii (zejména ostrovy Borneo, Sumatra a Sulawesi), v Malajsii (na Malajském poloostrově a Borneu) a na Filipínách. Vertikálně jsou tyto rostliny rozšířeny od hladiny moře až do nadmořské výšky kolem 3000 metrů nad mořem. Ačkoli láčkovky obývají různá stanoviště, spojuje je potřeba vysoké relativní vzdušné vlhkosti (CLARKE, 2001).

Kromě výše vyjmenovaných oblastí patří mezi oblasti s větší druhovou bohatostí také Nová Guinea, Thajsko, Jáva nebo Kambodža. Méně druhů se pak vyskytuje v Singapuru, Vietnamu, Austrálii, Laosu, Barmě, Indii, Číně, Hong Kongu, Makau, na Srí Lance, Seychelských ostrovech, Madagaskaru atd. (ŠVARC, 2003).

Obrázek 17: Mapa rozšíření láčkovek



Zdroj: <https://http://www.honda-e.com>

Vzhledem k poměrně omezenému výskytu rostlin *Nepenthes* je velká část druhů takzvanými endemity, tedy druhy, které se vyskytují pouze na velmi malém a omezeném území. ŠVARC, 2003 uvádí, že ze známých druhů je téměř 75 % endemických. Nejvíce takových druhů je možné pozorovat na ostrovech Borneo a Sumatra. Vzhledem k neustále rostoucímu počtu druhů je těžké stanovit momentální počet endemitů na jednotlivých ostrovech, každopádně například v roce 2003 se na Borneu vyskytovalo 23 endemických druhů z celkových 30 druhů rostoucích na tomto ostrově.

### 3.2.6. Ekologie

Po ekologické stránce spojuje všechny láčkovky potřeba vysoké půdní i vzdušné vlhkosti, kterou potřebují hlavně k tvorbě lapacích orgánů. Zajímavý je však fakt, že většina areálů tohoto rodu rostlin leží v tropické monzunové oblasti, kde se střídá období dešťů a období sucha. Obvykle proto rostou v horských oblastech (až přes 3000 metrů nad mořem), kde často přetrvávají mlhy, a tedy i vysoká vzdušná vlhkost. Také využívají specifického ostrovního klimatu, které jim zabezpečuje vyšší vzdušnou vlhkost než klasické kontinentální klima (STUDNIČKA, 2006).

### 3.2.6.1. Stanoviště

Jak už bylo zmíněno výše, láčkovky osidlují rozmanitá stanoviště v tropickém pásu v oblastech ovlivňovaných monzuny. Jedněmi z typických stanovišť jsou takzvané lesy Kerangas neboli tropické lesy, které se vyznačují kyselými písčitými půdami křemičitého původu s nízkým obsahem dusíku a fosforu. Díky tomuto typu půdy spolu s pevnou vrstvou matečné horniny jsou tyto lesy náchylné na záplavy. Ibanské<sup>1</sup> slovo Kerangas v překladu znamená „místo, kde neroste rýže“, což odkazuje na nízký obsah živin v půdě. Láčkovky na tomto stanovišti evoluční výhodu, jelikož si jako jediné rostliny v tomto prostředí mohou kompenzovat nedostatek živin rozkladem živočišné kořisti. Stromy zde bývají poměrně nízké a prosvětlené, což zajišťuje perfektní podmínky pro rostliny v nižších patrech lesa, tedy i pro *Nepenthes*. Lesy Kerangas najdeme zejména na Borneu, na Sumatře. Na Malajském poloostrově se vyskytují relativně vzácně. Na Borneu se nejvíce druhů láčkovek vyskytuje právě v lesích Kerangas. (CLARKE, 2001).

Druhým velmi častým stanovištěm jsou tropické rašelinné lesy, které se vyznačují vrstvou rašeliny na povrchu, která může obsahovat až 65 % organického materiálu. Díky struktuře rašeliniště a matečné hornině pod vrstvou rašeliny je zabráněn odtok vody, díky čemuž se v těchto lesích udržuje stálá hladina vody. Půda i voda je velice kyselá a obsahuje poměrně malé množství kyslíku. Na místech s nejdřsnějšími podmínkami ustupuje kompaktní les zakrnělé vegetaci, která připomíná vřesoviště, ve kterém většina stromů nepřesahuje 10 metrů. Tyto místa jsou nejvhodnějším biotopem pro láčkovky. Tento typ lesa je typický například pro Sumatru a Borneo, ale vyskytuje se i v jiných částech jihovýchodní Asie. Nejčastěji se v tropických rašelinných lesích vyskytují druhy jako *Nepenthes ampullaria* a *Nepenthes gracilis* nebo jiné terestrické druhy (CLARKE, 2001).

Dalším významným stanovištěm jsou místa, na kterých byl původní les odstraněn nebo narušen, a která jsou porostlá sekundární vegetací. Vzhledem k mnoha faktorům, které ovlivňují růst sekundární vegetace, není možné toto stanoviště obecně charakterizovat. Pro *Nepenthes* je to však velice významné stanoviště, protože zajišťuje dostatečné osvětlení vzhledem k absenci vysokých stromů. Ačkoli se láčkovky vyskytují i v rašelinných lesích a

---

<sup>1</sup> Ibánci = etnická skupina žijící na Borneu, potomci známých lovců lebek

lesích Kerangas, velmi často je jejich výskyt vázán na místa, kde je vegetace nižší a k rostlinám proniká více světla. Typicky na okraje lesů nebo přirozené, či umělé mýtiny. Typickými druhy pro sekundární vegetace jsou *N. albomarginata*, *N. eustachya*, *N. mirabilis*, *N. rafflesiana*, *N. reinwardtiana* nebo *N. gracilis*, která může osidlovat i sekundární vegetaci v městské zástavbě (CLARKE, 2001).

Velké množství zajímavých druhů láčkovek se vyskytuje také v horských mlžných lesích. Oproti nížinným lesům panují v horských lesích velmi odlišné podmínky. S každými 100 metry nadmořské výšky totiž obvykle klesá teplota přibližně o 0,5-0,6°C. Velký vliv má na teplotu také přítomnost mraků (horší světelné podmínky). Zatímco přes den mraky teplotu snižují, v noci brání úniku tepla a zajišťují tak pomalejší ochlazování. Nad 2500 metrů nad mořem mohou noční teploty v tropickém pásu klesnout i pod bod mrazu (při jasné noci). Rostliny v tomto biotopu musí odolávat velkým rozdílům teplot (od 30 °C až po bod mrazu), časté oblačnosti a mlhám s vysokým úhrnem srážek, prudkému větru a vysokým dávkám ultrafialového záření. Proto je v tomto prostředí mnohem menší druhová rozmanitost než v nížinách. Jednou z nejznámějších vysokohorských lokalit s velkou druhovou rozmanitostí láčkovek je hora Kinabalu na severozápadě Bornea, kde některé druhy láčkovek rostou i v nadmořské výšce přes 3000 metrů. Typickými zástupci vysokohorských láčkovek jsou *N. lowii*, *N. inermis*, *N. hamata*, *N. aristolochioides* nebo *N. rajah* (CLARKE, 2001).

### 3.2.6.2. Vztahy mezi láčkovkami a živočichy

Prvním vztahem, který je zřejmý již z pojmu masožravé rostliny je vztah na principu predace. Rostlina je v tomto případě predátor a kořisti jsou obvykle bezobratlí živočichové, méně často obratlovci. K tomu, aby rostliny kořist přilákaly potřebují podobné atraktanty jako rostliny lákající opylovače na své květy. Mezi tři základní lákadla kořisti patří nektar, pach a barva (RICE, 2006). Pro rostliny je poměrně jednoduché vytvořit nektar a v podstatě ho vyměnit za nedostatkové prvky z živočišných bílkovin (především dusík). Nektar je nejvíce vylučován na potenciálně nejnebezpečnějších částech láčky, tedy na peristomu a v okolí víčka (CLARE, 2001). Pach je rovněž důležitým prvkem pro přilákání kořisti. Například *N. rafflesiana* vydává poměrně silnou vůni, která láká především noční hmyz. Kromě vůně může kořist přilákat také silný zápach rozkládající se kořisti v láčkách. V tomto případě se jedná o hmyz, který se živí výkaly nebo mršinami. Barva pak láká denní hmyz podobně, jako to dělají barevně kvetoucí rostliny. Vzhledem k tomu, že hmyz má odlišné vidění než lidé, jeví se hmyzu láčky jinak zbarvené než lidem. Některé druhy hmyzu mají



pouze černobílé vidění, některé detekují jen UV záření a ty, které mají trichromatické vidění detekují nejlépe modrou a zelenou. Díky různým vzorům a střídání barev na láčkách jsou *Nepenthes* zajímavé pro široké spektrum hmyzu (CLARKE, 2001).

Kromě výše uvedených atraktantů může kořist přilákat i přítomnost zbytků předchozí kořisti. V tomto případě se může jednat především o dravé druhy bezobratlých (pavouky, kudlanky, případně některé obratlovce jako žáby, ještěrky nebo drobné savce. Ze všech polapených rodů kořisti jsou nejvíce zastoupeni mravenci nalákaní na nektar. (CLARKE, 2001).

Ačkoli primárně se džbány láčkovek vyvinuly jako masožravá ústrojí (dříve pravděpodobně také jako zásobárna vody), u některých druhů se objevily mutualistické vztahy s drobnými obratlovci, kterým obvykle napomáhá výrazná změna vlastností láčky. Příkladem může být *N. hemsleyana*, která má na vnitřních stěnách láček speciální útvary, které velmi dobře odrážejí signály sonaru netopýrů *Kerivoula hardwickii*. Kromě těchto útvarů má tato láčkovka neobvykle nízkou hladinu trávicí tekutiny, tudíž umožňuje netopýrům ukrývat se v láčkách. Rostlina od netopýrů na oplátku získává živiny z jejich trusu. Podobně pozoruhodná je také vysokohorská láčkovka z Bornea *N. lowii*, u které je možné pozorovat mutualistický vztah s tanou horskou (*Tupaia montana*). Tany vyhledávají bílý rosolovitý sekret, který je vylučován na vnitřní straně víčka. Pro jeho dosažení je potřeba se dostat nad

Obrázek 18: *Nepenthes hemsleyana*



Zdroj: <https://www.reddit.com>

Obrázek 19: *Nepenthes lowii*



Zdroj: <https://www.flickr.com/photos/polylepis>

ústí láčky. Láčka má navíc tvar trychtýře a víčko ohnuté dozadu, což zabezpečuje lepší zachycení výkalů tany a její zdržení nad ústím (BAUER et al., 2016).

Výkaly tvoří významnou část „jídelníčku“ i u *N. rajah*, kterou také navštěvují tany horské a také hlodavci *Rattus baluensis*. Tvarem jsou láčky *N. rajah* podobné *N. lowii*, také mají víčko ohnuté dozadu, jen samotná láčka není trychtýřovitého tvaru a nevytváří rosolovité výměšky, ale pouze nektar (GREENWOOD et al., 2011).

Dalším příkladem mutualismu u láčkovek je soužití dvou druhů pavouků z čeledi běžníkovitých (*Thomisus nepenthophilus* a *Misumenops nepenthicola*) a *N. gracilis* nebo *N. rafflesiana*. Pavouci na peristomech a dalších částech láčkovky chytají mouchy přilákané rostlinou, které pak po konzumaci odhazují do pastí. Vzhledem k tomu, že z kořisti také získávají živiny, mají odhozené zbytky menší obsah živin než čerstvé mouchy. Proto se tento vztah považuje za mutualismus pouze v případě, že je okolo nedostatek kořisti a zbytky od pavouků tvoří významnou část polapené kořisti.

Obrázek 20: *Thomisus nepenthophilus* v láčce *N. gracilis*



Zdroj: <https://animalecologyinfocus.com/>

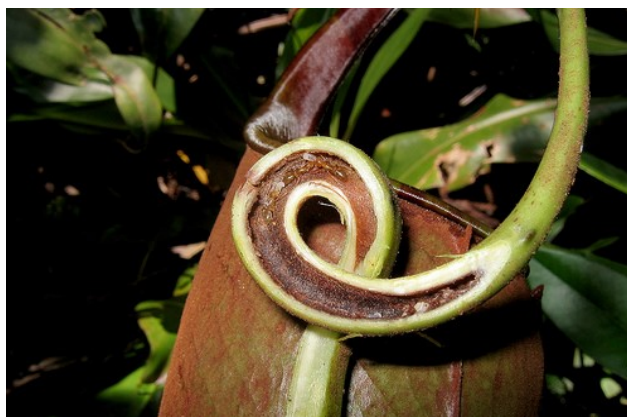
V případě, že je v okolí kořisti dostatek, by se tento vztah dal považovat spíše za parazitismus, protože v tomto případě pavouci rostlině živiny ubírají, ačkoli množství polapené kořisti je vyšší než bez přítomnosti pavouků. Běžníci mají v láčkách také úkryt a velmi často se v trávici tekutině skrývají před predátory mezi polapenou kořistí. Po láčce se pohybují velmi dobře pomocí pavučinového vlákna, po kterém mohou bezpečně šplhat nahoru i dolů (LAM et TAN, 2019).

Mimo mnoha dalších mutualistických vztahů mezi rostlinami *Nepenthes* a dalšími organismy je třeba zmínit ještě *N. bicalcarata*, která je jako jediná láčkovka myrmekofilní rostlinou. Každá láčka je přichycena pomocí úponky, která je u báze láčky zduřelá. Toto zduřelé místo obývají mravenci *Camponotus schmitzi*. Tito mravenci se živí nektarem, který je vylučován velkými nektarii na dvou výběžcích peristomu připomínajících hadí zuby. Kromě nektaru slouží mravencům jako potrava také část kořisti z láčky, kterou díky schopnosti plavat vytahují z trávici tekutiny a konzumují pod peristomem. Mravenci na oplátku rostlině pomáhají zvyšovat množství živin získaných z rozkladu organického



materiálu, a to díky zbytkům kořisti mravenců a také jejich výkalům. Dále z láček odstraňují zbytky strávené kořisti, čímž zabraňují hnilobě a výskytu plísní. Vzhledem k tomu, že vnitřní vrstva láček *N.bicalcarata* neobsahuje voskovou vrstvu ani viskoelastickou tekutinu, zabraňují mravenci úniku kořisti tím, že okamžitě útočí na kořist lapenou do láčky a zabíjí ji. Poslední pravděpodobnou výhodou mutualismu

Obrázek 21: Dutina úponky *N. bicalcarata* osídlená mravenci



Zdroj: <http://www.impactlab.net/>

s těmito mravenci je ochrana před herbivory, v případě *N. bicalcarata* nosatci rodu *Alcidodes*. Tito brouci okusují pupeny, z kterých se vyvíjí láčky, čemuž bývá zabráněno mravenci, kteří jsou na vrcholu potravního řetězce v láčkách a napadají všechny ostatní druhy hmyzu v okolí rostliny (BAZILE et al., 2012).

### 3.2.6.3. Ochrana *Nepenthes* a jejich stanovišť

Největšími hrozbami pro láčkovky ve volné přírodě je ničení původních biotopů a také odstraňování a odnášení rostlin sběrateli. S obrovským úbytkem původních pralesů, které pomalu nahrazují palmové plantáže se samozřejmě zvyšuje i ohrožení některých druhů *Nepenthes*. Na druhou stranu, většina druhů stále zůstává mimo ohrožení, protože roste v obzvlášť chráněných oblastech, bez vlivu člověka nebo v národních parcích. Další druhy velmi dobře osidlují i sekundární stanoviště, která jsou znovu zarůstána sekundární vegetací (CLARKE, 2001).

Celkem 24 druhů *Nepenthes* je uvedeno v červeném seznamu IUCN jako ohrožené nebo kriticky ohrožené druhy. Kriticky ohrožených druhů je celkem 10 – *N. suratensis*, *N. attenboroughii*, *N.rigidifolia*, *N.aristolochioides*, *N. sumatrana*, *N. clipeata*, *N. macrophylla*, *N. dubia*, *N. lavicola* a *N. tболи*. Ostatních 14 druhů je uvedeno mezi ohroženými druhy. Dalších 21 druhů je řazeno mezi zranitelné (IUCN, 2019). Kromě červeného seznamu IUCN jsou všechny druhy láčkovek chráněny Úmluvou o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES, 2019). Z toho 2 druhy (*N. rajah* a *N. khasiana*) jsou obsaženy v příloze I, tedy mezi

ohroženými druhy, se kterými je obchodování zakázáno. Všechny ostatní druhy jsou obsaženy v příloze II, která omezuje obchodování na mezinárodní úrovni (CITES, 2019).

Ochrana celých stanovišť je o poznání komplikovanější než ochrana jednotlivých druhů. Největším problémem je tlak mezinárodních korporací, které potřebují prostor pro pěstování palem olejných a dalších zemědělských plodin na úrodných půdách deštných pralesů v jihovýchodní Asii, kde je zároveň největší výskyt masožravých láčkovek. Asi nejspolehlivější metodou ochrany těchto biotopů je zakládání národních parků, ve kterých se v současnosti nachází nejvíce původních deštných pralesů Bornea. Druhou variantou je skupování pralesů soukromými společnostmi s cílem zajistit jejich ochranu. Bohužel těchto společností není mnoho a mnohdy se jedná pouze o ekologické nadšence, kteří jsou závislí na pomoci dobrovolníků. Jednou z těchto organizací je i česká nevládní nezisková organizace Prales dětem, která v roce 2009 založila rezervaci Green Life, jenž momentálně zahrnuje 121,3 ha pralesa na Sumatře (Prales dětem, 2019).

### **3.2.7. Vybrané druhy *Nepenthes***

Vzhledem k velkému množství druhů láčkovek zde uvádím pouze vybrané druhy. Výběr jsem provedl dle několika kritérií. Primárně uvádím druhy, které se vyskytují v praktické části této diplomové práce, dále druhy, které jsou nějakým způsobem význačné (svými ekologickými nároky, morfologií, potravní specializací apod.) a také některé endemické druhy.

#### **3.2.7.1. *Nepenthes albomarginata* (láčkovka lemovaná)**

*Nepenthes albomarginata* neboli láčkovka lemovaná je rozšířena podobně jako *N. ampullaria* na Malajském poloostrově, Sumatře a Borneu, kde obvykle osidluje místa s velmi chudými půdami, jako například lesy kerangas nebo otevřenou vegetaci s vápenitým podložím nebo s rašelinou. Obvykle se jedná spíše o terestrickou rostlinu dorůstající nejvýše pěti metrů, která roste maximálně v nadmořské výšce 1100 metrů nad mořem (STUDNIČKA, 2006).

Listy bývají dlouhé až 25 centimetrů a jsou zespodu porostlé hnědočervenými trichomy. Dolní láčky vyrůstají na krátkých úponkách, horní láčky jsou obvykle zavěšeny na úponkách až 20 centimetrů dlouhých. Pasti bývají tvarově variabilní s široce vejčitým víčkem a jemně vroubkovaným peristomem o maximální délce 15 centimetrů a šířce kolem

3,5 centimetru. Hlavním rozdílem mezi horním typem láčky a spodním typem láčky je redukce křídel v jednoduchá žebra u horního typu láčky. Láčky mohou být zelené či zelené s červenými tečkami nebo červené až skoro černé (MACÁK, 1998). Specialitou pastí *N. albomarginata* je prstenec drobných sametově bílých trichomů pod peristomem, který je hojně navštěvován a okusován termity, kterým připomíná jejich přirozenou potravu – lišejníky. Díky tomuto přizpůsobení je možné láčkovku lemovanou považovat za jedinou láčkovku, která má nějakou potravní specializaci – specializaci na lov termitů (MERBACH et al., 2002). Květy jsou uspořádány do hroznů o celkové délce až 40 centimetrů (CLARKE, 2001).

Obrázek 22: *Nepenthes albomarginata*



Zdroj: <https://www.biolib.cz>

Obrázek 23: *N. albomarginata* s termity



Zdroj: <https://www.researchgate.net/>

MERBACH et al., 2002 sledovali skladbu kořisti v láčkách *N. albomarginata* v Bruneji a vyzorovali, že pokud se v okolí nenachází termity, je kořist v láčkách stejná jako u jiných druhů láčkovek na stejném místě. Během rojení termitů trichomy okolo peristomu zmizely (byly okousány) a pasti byly naplněny tisíci termity téhož druhu a ve stejné fázi rozkladu, z čehož vyplývá, že byli všichni chyceni v krátkém časovém období, tedy při rojení. Hlavním atraktantem u tohoto druhu tedy není nektar, ale tento zvláštní morfologický znak v podobě bílých trichomů. MACÁK, 1998 ještě uvádí, že láčky naplněné kořistí v podobě termitů odumírají dříve než láčky naplněné jinou kořistí. Příčina tohoto jevu je však dosud neznámá.

Přírodní hybridy *N. albomarginata* jsou vzácné na Sumatře a Malajském poloostrově především z důvodu krátkého období kvetení, které se málokdy potká s obdobím kvetení jiných druhů. Křížení je však možné pozorovat na Borneu, kde se kříží hned s několika

druhy, například *N. ampullaria*, *N. clipeata* nebo *N. reinwardtiana*, se kterou tvoří hybrid pojmenovaný *N. x ferrugineomarginata* (CLARKE, 2001).

### 3.2.7.2. *Nepenthes ampullaria* (láčkovka soudečková)

Láčkovka soudečková (*Nepenthes ampullaria*) osidluje většinou močálovité, někde rašeliníkem bohaté pralesy od 0 do 500 metrů nad mořem a vyskytuje se v Thajsku, na Malajském poloostrově, Sumatře a na Borneu. Byla nalezena také na Nové Guinei, kde byla izolována v pro ni výjimečných 1100 metrech nad mořem. Tento druh bývá v literatuře označován jako sciofyt, tedy stínomilná rostlina (STUDNIČKA, 2006).

Tento druh má hned několik zvláštností, které ho odlišují od ostatních druhů rodu *Nepenthes*. Jednou z nich je výrazný dimorfismus prýtlů. Jeden typ prýtlů bývá šplhavý, až 15 metrů dlouhý a olistěný normálními listy, na kterých se čas od času objeví i malá zakrnělá láčka horního typu. Na tomto typu prýtlů se také objevují květenství. Druhý typ prýtlů bývá zkrácený v krátké dřevnaté brachyblasty, které vyrůstají buď z oddenku nebo z dlouhého prýtlů. Na brachyblastech můžeme pozorovat zvláštní olistění s téměř redukovanými asimilačními plochami a s na krátkých úponkách zavěšenými láčkami dolního typu. Pomocí brachyblastů postupně rostlina vytvoří skupinu soudečkových pastí buď na zemi nebo na některém neolistěném dřevnatém prýtlů ve výšce až zhruba 2 metry (STUDNIČKA, 2006).

Druhou zvláštností je pak samotná morfologie pastí. Pasti bývají maximálně 10 centimetrů vysoké a 7 centimetrů široké. Uvnitř pasti se nachází pouze žláznatá zóna, vosková je redukována, nektarové žlázy jsou taktéž většinou redukovány. Úniku kořisti tak může zabránit pouze peristom, který je široký až 2,5 centimetru a vchlípený dovnitř. Kulovité ústí láčky je otevřené, protože úzké klínovité až elipsovitě víčko je odvráceno o více než 90° od ústí. Toto přizpůsobení umožňuje rostlině přijímat kromě pozemního hmyzu a členovců také detrit, který opadává z vyšších pater pralesa, tedy je považována za částečného býložravce. V případě, že rostlina roste ve stinném pralese, obvykle převažuje

Obrázek 24: *Nepenthes ampullaria* na Borneu



Foto Daniel Pražák



rostlinný detrit, pokud je rostlina na otevřeném prostranství, pak obvykle převažuje živočišná kořist (PAVLOVIČ et al., 2011).

Barva pastí může být od světle zelené přes zelenou s červenými nebo fialovými fleky po tmavě červenou se zelenými fleky nebo čistě červenou. Zelená barva láček je spíše typická pro Sumatru a Malajský poloostrov, červeně zbarvené láčky se pak vyskytují na Borneu (CLARKE, 2001).

Ačkoli bývají pasti *N. ampullaria* poměrně dlouho aktivní, mnoho organismů se přizpůsobilo životu v pastech. Některé organismy jako bakterie nebo larvy komárů pomáhají láčkovce rozkládat detrit spadlý do pastí. Celkový počet druhů organismů v láčkách je běžně přes 50. Zvláštním organismem vyskytujícím se v láčkovce soudečkové je jedna z nejmenších žab na světě – *Mycrohyla nepenthicola*, která klade vajíčka do stárnoucích nebo starých láček, ve kterých se pak vyvíjejí pulci. Vzhledem k její velikosti mezi 10-12 milimetry se bez problémů vejde do láčky celá (DAS et HAAS, 2010).

Drobné květy *N. ampullaria* jsou uspořádány do laty až 35 centimetrů dlouhé (samičí květenství bývá kratší) a jednotlivé větve nesou až 20 květů (CLARKE, 2001).

*Nepenthes ampullaria* je známá také díky mnoha přírodním hybridům, které se často vytváří během křížení s jinými druhy láčkovek. Asi nejznámějším hybridem je *N. x hookeriana*, která vznikla křížením *N. ampullaria* s *N. rafflesiana*. Tento kříženec je velmi oblíben mezi pěstiteli, díky svému snadnému pěstování

Obrázek 25: *Nepenthes x hookeriana*



Zdroj: <https://commons.wikimedia.org/>

a nádherným láčkám, které se snadno vytvářejí i při nižší vzdušné vlhkosti a také dlouho vydrží čerstvé. Dalším známým hybridem je také *N. x trichocarpa* (= *N. ampullaria* x *N. gracilis*) vyskytující se běžně v jižní části Malajského poloostrova (CLARKE, 2001).

### 3.2.7.3. *Nepenthes aristolochioides* (láčkovka podražcovitá)

Láčkovka podražcovitá patří mezi nejzajímavější a také nejvzácnější láčkovky vůbec. Její areál je omezen pouze na úbočí hory Mt. Kerinci na Sumatře, jedná se tedy

o endemický druh, který roste v mlžných lesích bohatých na rašeliník v nadmořské výšce 2200-2400 metrů (STUDNIČKA, 2006).

Lodyha bývá šplhavá, až 5 metrů dlouhá s růžicemi gracilních listů, maximálně 15 centimetrů dlouhými a 3 centimetry širokými. Na úponkách, které mohou být stejně dlouhé jako listy vyrůstají láčky (maximálně 15 centimetrů dlouhé), které se svou morfologií výrazně liší od ostatních druhů *Nepenthes* a spíše připomínají květ podražce *Aristolochia littoralis*, podle kterého dostala tato rostlina své druhové jméno. Zadní horní část láčky je rozšířena do výrazné kupole, přičemž ústí pasti je umístěno na přední straně láčky. Tento tvar připomíná například ptačí budku. Dolní láčky jsou menší než horní a disponují dvěma ochlupenými křídly, která u horních láček chybí. Velmi často bývají dolní láčky zabořené do vrstvy rašeliníku, ze které je viditelná pouze horní část láčky s ústím. Kulovité víčko částečně zakrývá ústí láčky, ve kterém je patrné rozšířené obústí zahnuté směrem dovnitř láčky, které díky své neobvyklé pozici ztratilo svou funkčnost (sklouznutí kořisti do pasti). (MORAN et al., 2012).

Zelenobílá barva láček s mnoha červenými skvrnami na povrchu slouží k nalákání hmyzu do láčky podobně jako u amerických masožravých rostlin *Darlingtonia californica* a *Sarracenia minor*, které mají i podobnou orientaci ústí láček. Mušky *Drosophila melangoster*, které tvoří hlavní součást kořisti *N. aristolochioides*, bývají nalákány do láčky pomocí světla, které prosvítá přes bíle zbarvené plochy láčky. Díky této strategii není potřeba kluzkého peristomu napomáhajícímu sklouznutí kořisti do láčky, jelikož se v tomto případě dostane kořist do láčky vlastními silami. Částečně redukována je tedy i vosková vrstva uvnitř dolního typu láček (MORAN et al., 2012).

Obrázek 26: Horní láčka *N. aristolochioides*



Foto Michal Rubeš

Přírodní hybridy nejsou u tohoto druhu příliš časté, vzhledem k výrazně izolovanému areálu. Přesto byl pozorován hybrid s *N. singalana*, která roste na stejném území. Kvůli

špatně dostupnému terénu není celý areál *N. aristolochioides* prozkoumán, je tedy možné, že se přírodních hybridů vyskytuje více, protože na hoře Gunung Kerinci roste také *N. gymnamphora* (CLARKE, 2001).

#### 3.2.7.4. *Nepenthes bicalcarata* (láčkovka dvojostruhatá)

*Nepenthes bicalcarata* roste pouze na severozápadě Bornea do nadmořské výšky 950 metrů v rašelinných deštných lesích s vysokými stromy rodu *Dipterocarpaceae*, po kterých se velmi často pne. V literatuře bývá uváděna jako největší láčkovka, co se délky lodyhy týče. Tato robustní liána dosahuje délky až 20 metrů. Listy jsou taktéž velkých rozměrů. Jejich asimilační plocha může dosahovat velikosti až 65x14 centimetrů. Miloslav Studnička však v Botanické zahradě v Liberci změřil list, který byl dlouhý 77 centimetrů. Barva konvic bývá světle zelená až rezavá, zatímco peristom je zelený. Horní láčky jsou menší než dolní, které mohou být 13 centimetrů dlouhé a 6,5 centimetrů široké. Byly však nalezeny láčky, které měly na délku až 25 centimetrů. Rozdíly mezi horními a spodními láčkami jsou kromě absence křídel u horního typu, a kromě velikosti minimální. Pasti bývají funkční až 300 dní a drží svůj tvar i po odumření a ztrátě funkčnosti (STUDNIČKA, 2006, SLACK, 2001).

Svůj název dostala tato láčkovka podle zvláštní morfologie láček, která činí tuto rostlinu nezaměnitelnou. Na první pohled patrné, dva asi třicentimetrové trny, jsou výčnělky peristomu, které jsou k němu připojené pomocí zvláštního sloupku, na který nasedá ledvinité víčko. Tento útvar připomínající hadí zuby slouží k nalákání hmyzu do láčky. Z trnů nad ústím pasti totiž odkapává nektar, jenž je vytvářen nektarií na peristomu a šikově tak přiláká kořist přímo nad vstupní otvor do láčky. Kromě této teorie o funkčnosti prodlouženého obústí vyjádřil F. W. Burbidge v roce 1880 hypotézu, že trny slouží k odrazení nártounů, kteří běžně vykrádají kořist z pastí *N. rafflesiana*, ale *N. bicalcarata* se straní údajně kvůli dvěma trnům, které by ho mohly

Obrázek 27: *Nepenthes bicalcarata*



Zdroj: <https://pixabay.com/>



zranit. Dalším zvláštním morfologickým znakem, který tento druh odlišuje od ostatních, je absence voskové vrstvy v láčkách (SLACK, 2001).

Jak už jsem zmiňoval v kapitole o vztazích láčkovek a živočichů je tato rostlina myrmekofilní. V úponce se nachází dutina (domatium), která se nachází buď ve smyčce úponky (u horních láček) nebo v místě, kde úponka přechází v láčku (u dolních láček). Tato dutinka bývá mnohdy obývaná mravenci *Campanotus schmitzii*, kteří mají s láčkovkou mutualistický vztah (BAZILE et al., 2012).

Přírodní hybridy tvoří *N. bicalcarata* s několika dalšími druhy. Mezi nejznámější patří kříženci s *N. ampullaria* nebo s *N. gracilis* (*Nepenthes* x *cantleyi*). Zajímavé je, že ani u jednoho z přírodních hybridů nebyly pozorovány výběžky peristomu v podobě trnů ani mutualistický vztah s mravenci (CLARKE, 1997).

#### 3.2.7.5. *Nepenthes distillatoria* (láčkovka cejlonská)

Láčkovka cejlonská je endemitní druh na Srí Lance, kde roste v křovinách, v mokřadech, na náspech silnic i v pralese do 700 metrů nad mořem. Obzvláště se jí daří například v národním parku Sinharaja, kde se vyskytuje na odhalených místech v křovinách. Zajímavostí je, že se jedná o druhý objevený druh hned po *N. madagascariensis* a zároveň se jedná o tzv. nomenklatorický typ, podle kterého C. Linné ustanovil rod *Nepenthes* (STUDNIČKA, 2006).

*Nepenthes distillatoria* je obvykle spíše terestrickou rostlinou s poměrně dlouhými kopinatými listy, na jejichž koncích jsou na 4–20 centimetrů dlouhých úponkách zavěšeny až 20 centimetrů dlouhé válcovité láčky s tenkým, jemně vroubkovaným zeleným peristomem a kruhovitým, zespodu červeným víčkem, které dokonale překrývá ústí láčky. Barva láčky se pohybuje od světle zelené až žluté přes světle zelenou s červenými fleky až po načervenalou (narůžovělou).

Obrázek 28: *Nepenthes distillatoria*



Foto Michal Burian



Obrázek 29: *Nepenthes distillatoria* v Sinharaja Forest Reserve, Srí Lanka



Foto Michal Burian

Srílanští domorodci nazývají láčkovku cejlonskou „bandura“ a hojně využívají její lodyhy jako vázací materiál a také materiál pro výrobu košů. Také pijí tekutinu z dosud neotevřených láček, jednak kvůli zdravotní nezávadnosti a také proto, že věří v její léčivé účinky. Údajně pomáhá na žaludeční problémy a také oddaluje u HIV pozitivních lidí nástup onemocnění AIDS. Tyto účinky zatím nejsou vědecky podloženy, zatím probíhá pouze výzkum (podle ústního sdělení průvodce v Sinharaja Forest Reserve, dne 10.8. 2019).

#### **3.2.7.6. *Nepenthes dubia* (láčkovka neurčitá)**

*Nepenthes dubia* je epifytickou, někdy terestrickou rostlinou, která patří mezi kriticky ohrožené druhy. Roste pouze na hoře Mount Talakmau na Sumatře v nadmořské výšce 1800-2700 metrů, přičemž v nižších polohách roste epifyticky v rašeliníkových lesích, ve vyšších polohách (nad 2400 metrů) roste díky absenci vyšších stromů většinou terestricky nebo epifyticky na polštářích mechu. Výrazně se podobá příbuzné *N. inermis* (CLARKE, 2001).

Maximální délka lodyhy láčkovky neurčité bývá kolem třech metrů. Z lodyhy vyrůstají asi 10 centimetrů dlouhé a 2 centimetry široké listy, na kterých jsou na poměrně dlouhých úponkách (15 cm) zavěšeny světle zelené až žluté, méně často oranžové a červené láčky horního nebo dolního typu, přičemž větší horní láčky dosahují maximální délky 8 centimetrů. Dolní láčky se vytváří zřídka, jsou maximálně 5 centimetrů vysoké, mají nálevkovitý tvar s ústím oválného tvaru, zepředu mají dvě ochlupená křídla a víčko mírně zvednuté nahoru. Horní láčky se od dolních výrazně liší. Tvar horní láčky je trubicovitý až nálevkovitý, u dospělých láček bývají stěny z boku stlačené k sobě s minimální mezerou mezi nimi. Obústí je tenké (4 mm), oválného průřezu. Víčko je klínového tvaru, vždy odkloněno o 180° od ústí láčky, křídla jsou redukována (CLARKE, 2001).

Zajímavé u *Nepenthes dubia* je její schopnost využívat své pasti nejen jako gravitační, ale také jako adhezní (podobně jako u tučnic nebo u rosnatek), a to díky silně viskózní kapalině uvnitř láček, která obaluje stěny láčky a přilepí tak kořist ještě nad hladinou trávicí tekutiny (CLARKE, 2001).

Obrázek 30: *Nepenthes dubia*



Zdroj: <http://www.omnisterra.com/>



### 3.2.7.7. *Nepenthes fusca* (láčkovka žíhaná)

*Nepenthes fusca* je epifytický rostoucí endemická láčkovka, která osidluje spíše horské mlžné lesy na Borneu v nadmořských výškách 1400-1600 metrů, byla ale zaznamenána i okolo 300 metrů nad mořem. Často se nachází i v sekundární vegetaci po zásahu člověka. Příkladem může být Mammot Copper Mine (bývalý důl na měď) poblíž národního parku Kinabalu, kde se velmi rychle rozšířila po zastavení těžby spolu s dalšími druhy láčkovek (ROBINSON et al., 2018).

Šplhající lodyhy dosahující délky až 5 metrů nesou růžice listů dlouhých 12-15 centimetrů s přibližně stejně dlouhými úponkami. Horní láčky jsou nálevkovitého tvaru 12-18 centimetrů vysoké a 2,5 až 5,5 centimetru široké. Křídla jsou redukována na výrazné hřebeny. Peristom je robustní a zploštělý, v přední části široký 4-6 milimetrů, v zadní části vytváří lehce zakřivený „krk“ o šířce až 15 milimetrů, který

Obrázek 31: Dolní láčka *Nepenthes fusca*



Foto Daniel Pražák

dosahuje až k víčku. Víčko může být srdčité, ale také trojúhelníkovité s okraji a vrcholem zahnutým dolů. Dolní láčky se výrazně liší od horních. Tělo láček je válcovité, mírně zúžené uprostřed, dlouhé 9-16 centimetrů a široké maximálně 4,5 centimetru. Obústí je šikmé, rozšiřující se od středu ústí směrem ke zvednutému a mírně zakřivenému „krku“. Víčko bývá oválné až srdčité. Barva láček je zelená až nažloutlá s červenými až fialovými skvrnami z vnějšku i na voskové vrstvě uvnitř láčky. Barva peristomu je shodná s barvou láček s variabilním množstvím červených pruhů (ROBINSON et al, 2018).

Vzhledem k obrovské morfologické variabilitě *Nepenthes fusca* se donedávna vedly spory, zda všechny objevené variety této rostliny jsou opravdu pouze jedním druhem nebo jestli se jedná o dva rozdílné druhy. Největší pochybnosti vzbuzovalo víčko horních láček, které bylo u exemplářů ze Sabahu (severní část Bornea) úzké, trojúhelníkovité až kýlnaté, zatímco exempláře ze Sarawaku (jihozápadní část Bornea) měly víčko oválné až srdčité.

Tuto formu popsal v roce 1928 Benedictus Hubertus Danser. V té době ještě nebyla forma ze Sabahu objevena. ROBINSON et al., 2018 ve své publikaci popisuje rozdíly mezi těmito formami a navrhuje rozdělení *Nepenthes fusca* na dva samostatné druhy, a to na *Nepenthes dactylifera* (forma ze Sarawaku) a na *Nepenthes zakriana* (forma ze Sabahu). Druh *N. zakriana* byl již popsán v roce 2006 Adamem a Hafizou Hamidem, ale ostatními botaniky nebyl přijat jako samostatný druh a nadále se pro něj používal název *N. fusca* (ROBINSON et al, 2018). Každopádně budou ještě probíhat diskuse ohledně zavedení těchto druhů namísto *N. fusca*, proto v této práci uvádím pouze tento starší název.

Obrázek 32: Horní láčka *Nepenthes fusca* (forma ze Sabahu)



Foto Daniel Pražák

Práci botaniků také často komplikují vzájemná křížení druhů vyskytujících se ve stejném areálu jako *N. fusca*. Mezi časté křížence patří například *N. fusca* x *N. reinwardtiana*, *N. fusca* x *N. stenophylla* nebo *N. burbidgeae* x *N. fusca*. Například okolo již zmíněného dolu na měď Mammut Copper Mine se vyskytují 4 botanické druhy láčkovek a také kříženci všech těchto čtyřech druhů.

#### **3.2.7.8. *Nepenthes gracilis* (láčkovka útlá)**

*Nepenthes gracilis* patří mezi nejběžnější láčkovky. Běžně se vyskytuje na Sumatře, Malajském poloostrově, Sulawesi, Borneu nebo v Singapuru a Thajsku, kde osidluje nejčastěji otevřené oblasti od 0 do 1100 m.n.m., kde je dostatek přímého slunce po většinu dne, ale objevuje se také v polostínu pod baldachýnem stromů. Jedná se o tak nenáročnou



roślinu, że se dá najít prakticky na každém biotopu včetně zelenějších oblastí městské zástavby nebo zelených pásů okolo silnic (CLARKE, 2001). Na Borneu jsme ji našli pouze ve městě Kota Kinabalu poblíž zoologické zahrady, ale v pralese jsme neviděli jediný exemplář.

Lodyhy této láčkovky dosahují ve stinném pralese až 7 metrů, zatímco na výsluní roste *N. gracilis* spíše keřovitě. Tvoří malé tuhé listy (maximálně 15 centimetrů dlouhé) s láčkami obvykle horního typu válcovitého tvaru s mírným rozšířením u ústí, asi 10 centimetrů dlouhými. Peristom je válcovitý a velmi úzký. Méně časté dolní láčky jsou baňkovitě rozšířené v dolní části s plně vyvinutými křídly, která jsou u horních láček klasicky redukována. Barva láček je nejčastěji špinavě zelená, někdy červenohnědá až do černa (STUDNIČKA, 2006).

Obrázek 33: *Nepenthes gracilis*, Kota Kinabalu, Borneo



Foto Daniel Pražák

Květy bývají uspořádány do hroznovitého květenství až 20 centimetrů dlouhého, samičí květenství někdy bývá delší než samčí. Typická pro tento druh je výrazná morfologická odlišnost samčích a samičích květů. Samčí květy disponují vejčité-podlouhlými okvětními lístky, naopak samičí okvětní lístky jsou podlouhle-kopinaté. Samčí květy mají navíc vyšší produkci nektaru, ale nižší obsah cukru než samičí (KATO, 1993).

Zajímavostí je, že se tekutina z neotevřených láček *N. gracilis* velmi často používá v tradiční medicíně k léčbě různorodých problémů od výplachů očí při zánětu přes astma a

zažívací problémy až po regulaci menstruačního cyklu, usnadnění porodu a podporu imunity. Studie prokázaly, že *N. gracilis* disponuje několika sekundárními metabolity (saponiny, fenoly, flavonoidy a glykosidy), které mají antibakteriální účinky a inhibují bakterie *Bacillus subtilis* a *Escherichia coli*. Výzkum tedy dokázal možné antibakteriální působení extraktů z listů a láček *N. gracilis* (RODZALI, MYDIN, 2017).

Přírodní hybridy vytváří *N. gracilis* nejčastěji s *N. ampullaria* (*N. x trichocarpa*) a s *N. rafflesiana*. Oba hybridy jsou nezeměnitelné, *N. x trichocarpa* bývá mnohem baňatější a má širší peristom než klasická *N. gracilis*. *N. gracilis x N. rafflesiana* zase bývá robustnější se širším peristomem a křídly u spodních láček (CLARKE, 2001).

### 3.2.7.9. *Nepenthes inermis* (láčkovka bezbranná)

Jak už český název napovídá, je tato podivuhodná láčkovka ze Sumatry jedinou láčkovkou, která u dospělých láček nemá vyvinutý peristom (u mladých růžic se peristom vyskytuje). Kromě toho mají malé trubkovité, v horní části nálevkovité láčky (maximálně 8 centimetrů dlouhé), redukované víčko, které je čárkovitě zúžené a odkloněné o 90° od ústí láčky (WISTUBA et al., 2007). Uvnitř láček se nachází velmi hustý a viskózní výměšek, který se při dešti nemísí s vodou a v případě přeplnění láček se přebytečná dešťová voda vylíje díky vychýlení láčky vlastní vahou. Díky viskóznímu výměšku je kořist obvykle polapena přilepením. Pasti této láčkovky tedy fungují spíše na adhezním než na gravitačním principu. Polapený hmyz navíc vydrží v lácce poměrně dlouhou dobu, živiny se tak mohou uvolňovat postupně (STUDNIČKA, 2006).

*N. inermis* roste většinou epifyticky, méně často terestricky v rašeliníkových lesích nebo ve vysokohorské vegetaci v nadmořských výškách 1500-2600 metrů.

Obrázek 34: *Nepenthes inermis*



Zdroj: <https://en.wikipedia.org>

Ve vysokohorských oblastech je vzhledem k absenci nositelů spíše terestrická (CLARKE, 2001).

Nejčastější hybrid *N. inermis* x *N. talangensis* (*N. x pyriformis*) byl původně považován za samostatný druh *N. dubia*, ale tato teorie nebyla přijata a *N. dubia* se nyní považuje za samostatný a blízce příbuzný druh, který je odlišný od tohoto hybridu. Kromě *N. x pyriformis* je znám také druhý hybrid – *N. inermis* x *N. spathulata* (CLARKE, 2001).

### 3.2.7.10. *Nepenthes lowii* (láčkovka Lowova)

*Nepenthes lowii* patří mezi láčkovky, u nichž je pozorován extrémní dimorfismus láček. Horní láčky jsou ve spodní části baňkovité, směrem k ústí široce nálevkovitě rozšířené s téměř redukovaným obústím. Baňkovitou a nálevkovitou část spojuje zúžení, které připomíná stopku štíhlopasých blanokřídlých. Láčky bývají z vnější strany zelené, uvnitř pak fialové a po celém vnitřním povrchu pokryté žláznatou zónou (vosková zóna je redukována). Pasti jsou také velice tuhé až zdřevnatělé a mohou dosahovat celkové délky až 20 centimetrů. Víčko bývá velké, vejčité a zvednuté do svislé polohy (STUDNIČKA, 2006). Nezvykle tuhé láčky podivného tvaru spolu s bílým rosolovitým sekretem, který je vylučován na spodní stranu víčka pokrytou chloupky jsou úkazem dokonalé potravní specializace. Lepkavý sekret láká tany horské (*Tupaia montana*), které při olizování bělavého výměšku defekují do láčky a zároveň si tím rostlinu značkují jako hodnotný zdroj potravy. Výkaly tany horské slouží láčkovce jako důležitý zdroj fosforu a dusíku. Tato potravní specializace vysvětluje absenci voskové vrstvy uvnitř láček, navíc výměšek není atraktivní pro hmyz. Láčkovka lowova je tedy spíše koprofágní než masožravou rostlinou (CLARKE et BAUER, 2009). Kromě tany horské můžou do láček defekovat také jiní obratlovci, jako například ptáci rodu strdimil (STUDNIČKA, 2006).



Obrázek 35: *Nepenthes lowii* a tana horská  
Zdroj: <https://www.livescience.com/>



Tato 5 až 10 metrů dlouhá liána s asi 2 centimetry tlustými lodyhami roste buď hemiepifyticky nebo epifyticky v mlžných lesích Bornea v nadmořských výškách 1800-2600 m (STUDNIČKA 2006).

### 3.2.7.11. *Nepenthes rafflesiana* (láčkovka Rafflesova)

Láčkovka Rafflesova je popínavá liána dosahující délky až 15 metrů. Na lodyze vyrůstají korinózní řapíkaté listy, z jejichž dlouhých úponků vyrůstají buď asi 20 centimetrů dlouhé spodní láčky, které se vyznačují dvěma nápadně velkými křídly a dvou kýlnatým, oválným víčkem, nebo horní láčky dosahující délky až 45 centimetrů s vnitřním povrchem pokrytým pouze žláznatou vrstvou. Barva láček je obvykle buď zelená nebo zelenočerveně žíhaná až téměř tmavě červená se zelenými místy (CLARKE, 2001).

*Nepenthes rafflesiana* je také známá díky zvláštním ekologickým vztahům s obratlovci i bezobratlými živočichy. Láčky této rostliny vyhledávají například loupeživí pavouci *Misumenops nepenthicola* nebo *Thomisus nepenthephilus*, kteří žijí na voskové zóně uvnitř pastí a živí se utopenou kořistí v láčkách. Z obratlovců navštěvuje láčky například nártoun okatý (*Tarsius spectrum*), který z trávicí tekutiny vybírá hmyz, což tvoří výraznou část jídelníčku této noční opičky (STUDNIČKA, 1984).

Obrázek 36: *Nepenthes rafflesiana*

Tento běžný nížinný druh bychom snadno našli na Borneu, Sumatře i Malajském poloostrově v nadmořských výškách do 1200 metrů, kde osidluje okraje rašeliníkových pralesů, vřesovcové lesy, přímořské útesy nebo ekosystémy v rámci sekundární sukcese (CLARKE, 2001).

Z pěstitelského hlediska jsou velmi důležité přírodní hybridy, které se díky nízkým nárokům na světlo a relativní vzdušnou vlhkost a také rychlým růstem velmi dobře a úspěšně pěstují.



Foto Daniel Pražák



Nejznámějším hybridem je *Nepenthes x hookeriana*, která vznikla křížením s *N. ampullaria* (CLARKE, 2001).

### 3.2.7.12. *Nepenthes rajah* (láčkovka rádža)

Láčkovka rádža bývá v literatuře ne nadarmo označována jako jeden z největších druhů rodu *Nepenthes*, co se velikosti láček týče. Láčky jsou zavěšené na až 50 centimetrů dlouhých neovíjivých úponkách vycházejících ze spodní části asimilační plochy listu (nikoli ze špičky, jak je to u láčkovek běžné). Samotná asimilační plocha je dlouhá až 80 centimetrů, přičemž láčky jsou až 35 centimetrů dlouhé a 18 centimetrů široké. Na rozdíl od běžných druhů láčkovek bývají láčky obvykle našikmo položené na zemi, a to jak spodní, tak horní typy láček, které se od sebe vzhledově příliš neliší. Ústí láček bývá obvykle šikmé až horizontální a překryté mohutným oválným víčkem. Výrazný je také peristom, který může být až 4 centimetry široký a vnitřní povrch láčky, který je celý pokryt žlázami (CLARKE, 1997). V láčce se obvykle nachází velmi velké množství trávicí tekutiny, ve které se mohou utopit a jako kořist posloužit i krysy, ještěrky nebo žáby. Různé zdroje uvádí 2,3-3,5 litru tekutiny v láčkách. Zbarvení láček bývá obvykle tmavě červené až do hněda (STUDNIČKA, 2006).

Tato poléhavá nebo epifytická rostlina s prýty dlouhými až 5 metrů nejčastěji osidluje mechové světliny mlžného lesa, nízké travnaté křoviny a erozní svahy s hadcovými skalami v nadmořských výškách 1500-2650 metrů nad mořem (STUDNIČKA, 2006). Jediným místem, kde se tato rostlina v přírodě vyskytuje je Národní park Kinabalu, konkrétně úpatí hor Mt. Kinabalu a Mt. Tamuyukon v Sabahu na severu malajské části Bornea (CLARKE, 1997).

Obrázek 37: Láčkovka rádža (*Nepenthes rajah*)

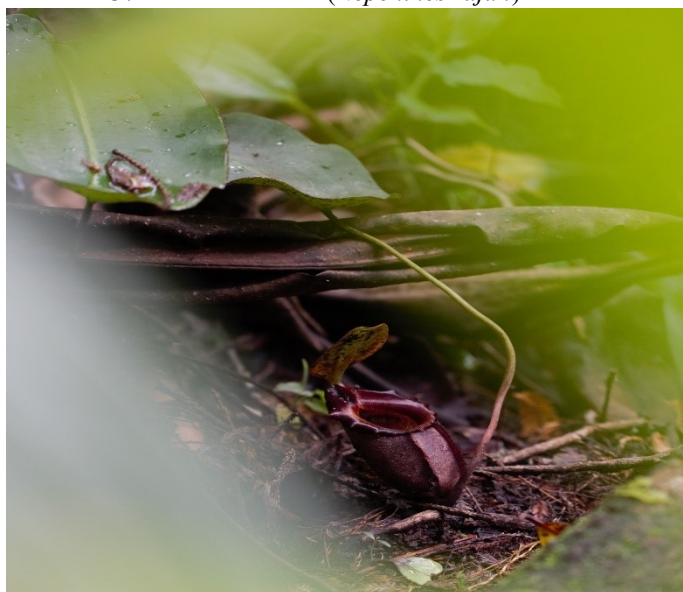


Foto Daniel Pražák

### 3.2.7.13. *Nepenthes reinwardtiana* (láčkovka Reinwardtova)

Tento poměrně běžný druh je hojně rozšířen na Borneu, Sumatře i na Malajském poloostrově, kde osidluje močálovité deštné lesy, otevřené rašelinné mokřady a silniční násypy. Pojmenován nebyl po svém objeviteli (F.W. Junghuhn), ale po nizozemském botanikovi C. G. C. Reinwardtovi, který založil botanickou zahradu v Buitenzorgu na Jávě. Kromě svého širokého horizontálního rozšíření má *N. reinwardtiana* velké i vertikální rozšíření a může se vyskytovat v nadmořských výškách od hladiny moře až do 2100 m (STUDNIČKA, 2006).

*N. reinwardtiana* se vyznačuje šplhavými lodyhami dosahující délky až 10 metrů, ze kterých vyrůstají asi 15 centimetrů dlouhé listy zakončené maximálně 20 centimetrů dlouhou úponkou s asi 15-20 centimetrů dlouhými láčkami. Láčky jsou v dolní části nálevkovité s patrným zúžením uprostřed a směrem k ústí vejčité. Dolní láčky se od horních liší jen nepatrně. Ústí láčky je téměř kulaté, mírně stoupající k malému krčku na zadní straně. Víčko je vejčité a hladké (CLARKE, 2001). Barva láček je nejčastěji zelená, ale existuje i varianta s červenými láčkami, která je ale méně častá. Mezi zelenými a červenými formami je v druhové populaci plynulý přechod. Většina červených i zelených forem má na vnitřním povrchu láčky těsně pod víčkem dvě lesklá, zelená očka na voskovitém povrchu. Tato očka jsou ve skutečnosti místy, kde chybí šupinky voskovité vrstvy. Význam těchto struktur není dosud objasněn, ale pravděpodobně hrají roli při lákání kořisti (STUDNIČKA, 2006).

Obrázek 39: Červená forma *N. reinwardtiana*



Foto Daniel Pražák

Obrázek 38: Zelená forma *N. reinwardtiana*

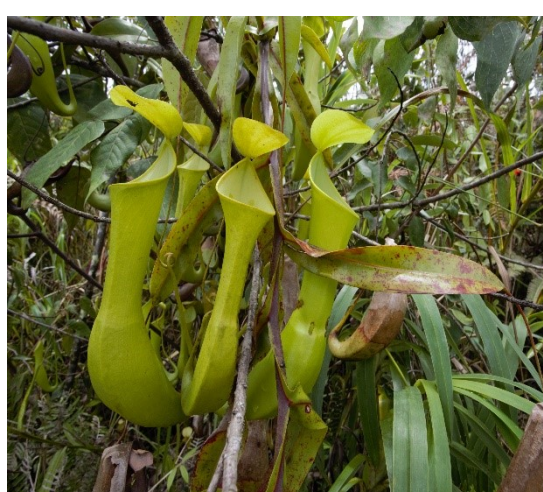


Foto Daniel Pražák

### 3.2.7.14. *Nepenthes tentaculata*

*Nepenthes tentaculata* patří mezi láčkovky, které dosud nemají přiřazený český název. Každopádně tentaculum znamená v překladu z latiny chapadlo, což odkazuje na až 5 mm dlouhé mnohobuněčné přívěsky na svrchní straně oválného víčka láček. Láčka samotná je v dolní třetině vejčitého tvaru, směrem k ústí spíše tvaru válcovitého a může být až 30 centimetrů dlouhá a 8 centimetrů široká. V přední části pastí jsou patrná dvě křídla pokrytá výběžky podobnými těm na víčku. Horní láčky bývají spíše válcovitého tvaru s redukovanými křídly v žebra. Obústí bývá spíše nevýrazné, 5 mm široké, cylindrické s málo patrnými vroubky. Kromě přívěsků na víčku je zajímavá taky barevná variabilita láček, které mohou být zelené, žluté, červené až černé, přičemž vnitřní povrch láčky bývá zpravidla bílý (CLARKE, 2006).

Pastí *N. tentaculata* bývají zavěšeny na úponkách, jež jsou pokračováním středního žebra listů dosahujících maximální délky 15 centimetrů. Lodyha těchto rostlin dosahuje maximální délky kolem 3 metrů, přičemž vždy roste terestricky (CLARKE, 1997).

Tato poměrně běžná horská láčkovka je rozšířena po celém Borneu a také na ostrově Sulawesi. Stanoviště bývají různorodá, osidluje jak vlhká tmavá místa v deštných pralesech, tak otevřená suchá místa v nadmořské výšce 700-2400. Na Borneu bychom ji našli téměř na každé hoře přesahující výšku 1000 m (CLARKE, 1997).

Obrázek 40: *Nepenthes tentaculata* v parku Kinabalu



Foto Daniel Pražák

## 4. Praktická část botanická: pH trávicí tekutiny u *Nepenthes*

### 4.1. Metodika

#### 4.1.1. Cíle výzkumu

Za hlavní cíl praktické botanické části jsem si stanovil zjištění pH trávicí tekutiny v láčkách u 5 druhů láčkovek (*N. gracilis*, *N. tentaculata*, *N. reinwardtiana*, *N. fusca* a *N. stenophylla*) a porovnání naměřených hodnot s odbornou literaturou (u těch druhů, ke kterým jsou k dispozici data). Dalším cílem bylo zjištění, zda se kyselost trávicí tekutiny liší v závislosti na druhu rostliny. Sekundárním cílem tohoto výzkumu je také zjištění rozdílů v pH trávicí tekutiny mladých a starých láček těchto pěti druhů rostlin. Při výzkumu vycházím ze třech základních hypotéz:

1. Kyselost trávicí tekutiny se bude lišit v závislosti na druhu i o více než 1 pH.
2. Hodnota pH trávicí tekutiny zjištěná měřením bude podobná hodnotě uváděné v odborné literatuře a bude se lišit maximálně o 0,5 pH.
3. pH trávicí tekutiny v mladých láčkách bude nižší než ve starých láčkách téhož druhu.

Na tento botanický výzkum navážu v další praktické části didaktické, kde podobný výzkum provedu s žáky v laboratorních podmínkách ve výuce v rámci laboratorních prací zaměřených na botaniku propojené s chemií. Smyslem tohoto výzkumu je tedy příprava podkladů pro didaktické využití.

#### 4.1.2. Sběr dat

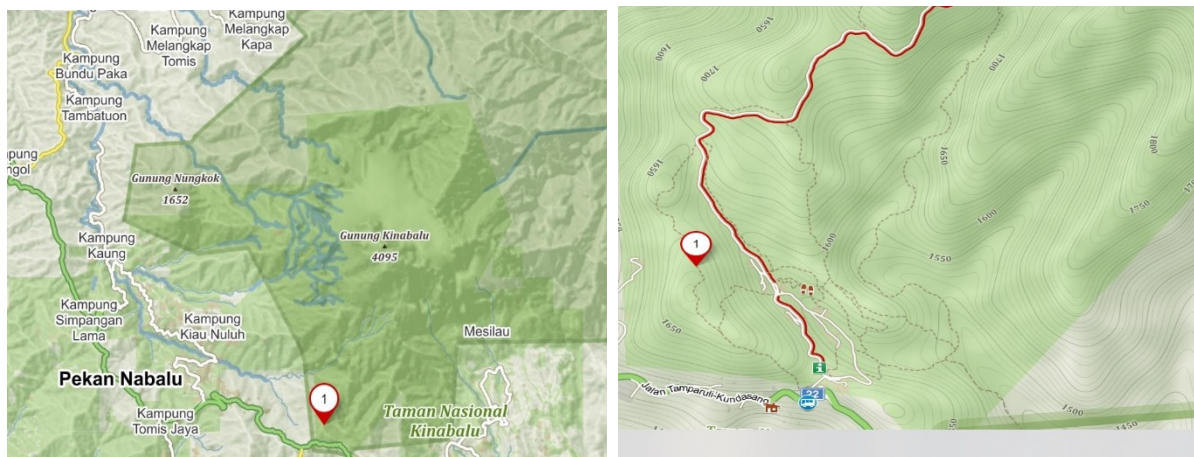
Pro terénní výzkum jsem zvolil jednu lokalit s největším výskytem druhů rostlin rodu *Nepenthes* na světě – Borneo, konkrétně Sabah, Malajskou část tohoto ostrova. Celý výzkum, mapování stanovišť, hledání a určování druhů trval 14 dní na konci září roku 2017.

Samotný výběr druhů rostlin *Nepenthes* byl prováděn na dvou lokalitách v národním parku Kinabalu a na jedné lokalitě ve městě Kota Kinabalu na Borneu. Vzhledem k zákazu vstupu do některých stanovišť kvůli následkům zemětřesení jsem musel k měření zvolit běžnější druhy, u kterých bylo na místě dostatek jedinců k tomu, aby měření bylo relevantní. První lokalitou měření byl primární horský deštný les v národním parku Kinabalu, asi 1,2



kilometru od vstupní brány do parku na značené stezce Kiau View Trail v nadmořské výšce 1650 m.n.m. Na tomto spíše zastíněném stanovišti roste terestricky *N. tentaculata* obklopena okolní vegetací. Teplota vzduchu při měření na tomto stanovišti byla 22,4 °C

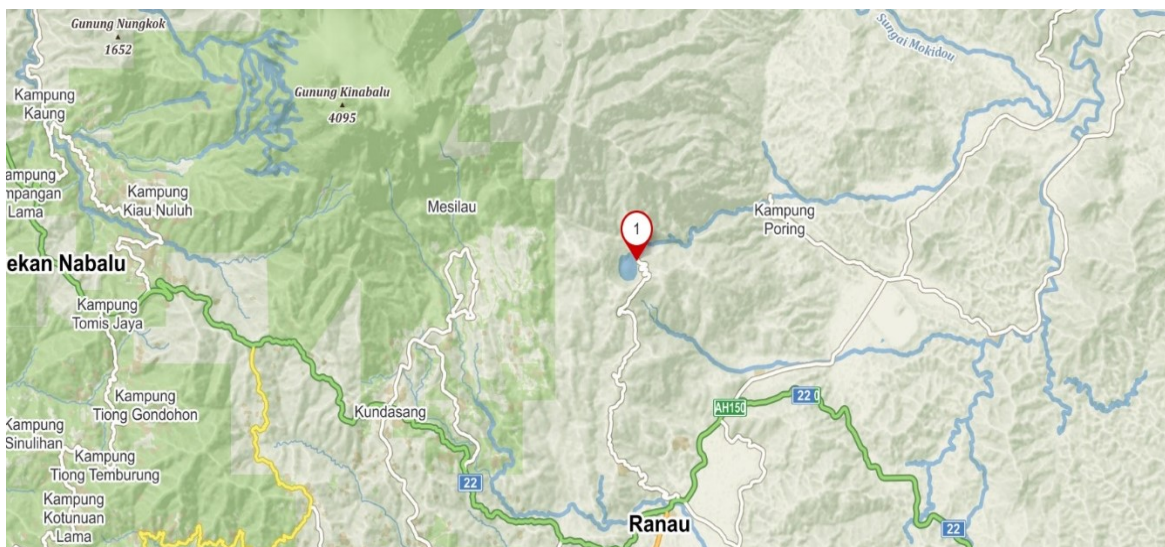
Obrázek 42 Mapa první lokality měření (*N. tentaculata*)



Zdroj: www.mapy.cz

Druhou lokalitou měření byl sekundární ekosystém bývalého dolu na měď na hranicích národního parku Kinabalu poblíž města Ranau – Mammut Copper Mine, kde skončila těžba v roce 1999 a zanechala po sobě velmi kyselý substrát, který spolu s vysokou relativní vzdušnou vlhkostí a otevřenou vegetací, která poskytuje dostatek slunečního záření, vytváří perfektní podmínky pro růst hned čtyřech druhů *Nepenthes* (*N. stenophylla*, *N. reinwardtiana*, *N. fusca* a *N. burbidgeae*). Tyto druhy zde rostou na otevřeném osluněném prostranství jak terestricky, tak epifyticky. Teplota vzduchu při sběru dat v této lokalitě byla 25,1-25,9°C.

Obrázek 41: Mapa druhé lokality měření



Zdroj: www.mapy.cz

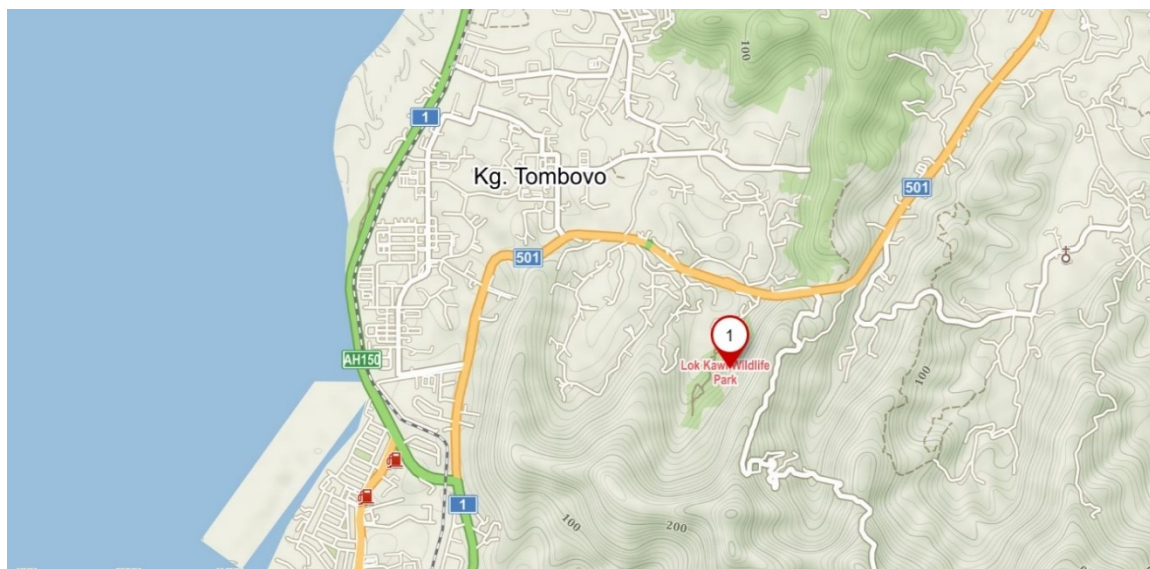
Obrázek 44: Měření na stanovišti u Mammut Copper Mine



Foto Daniel Pražák

Třetí lokalitu jsem objevil náhodou při návštěvě zoologické zahrady poblíž města Kota Kinabalu (Lok Kawi Wildlife Park), kde se nacházel sekundární ekosystém v podobě meze podél cesty v samotné zoo. Mez byla mírně zastíněna stromy, relativní vzdušná vlhkost zde byla mnohem nižší než v pralese a leží v nadmořské výšce 70 metrů. Na tomto stanovišti jsem určil pouze jeden druh – *Nepenthes gracilis*. Teplota vzduchu při měření na této lokalitě byla 28,4-28,6°C.

Obrázek 43: Mapa třetí lokality měření



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)



Při výběru jednotlivých pastí pro první měření jsem se řídil stářím láčky (pro měření jsem volil mladé láčky, které nejevily známku usychání) a množstvím trávicí tekutiny v lácce (vybíral jsem láčky, které byly naplněné přibližně do 1/3 láčky, čímž jsem se snažil eliminovat pasti přílišně naředěné vodou a pasti, ze kterých se trávicí tekutina vylila). Zároveň jsem se snažil obsáhnout co nejvíce jedinců, aby nedošlo k přílišnému zkreslení dat, v případě, že by rostlina nebyla v dobré kondici. Dalším faktorem pro výběr byla absence kořisti v lácce, jelikož po zachycení kořisti se pH v pasti snižuje.

Druhé měření mělo dokázat pokles pH trávicí tekutiny u starších láček, proto jsem vybíral viditelně staré láčky, na kterých už byla viditelná známka usychání. Opět jsem se snažil vybírat pasti různých jedinců naplněné trávicí tekutinou asi do 1/3 celkové kapacity láčky.

Samotné měření pH trávicí tekutiny v láčkách probíhalo pomocí přenosného pH metru Dostmann PHM 230 s vpichovou celoskleněnou kombinovanou pH elektrodou pro měření pH kapalin. Před měřením byla vždy nejprve nutná kalibrace pomocí třech kalibračních pufrů (pH 4, pH7 a pH10) ponořením elektrody do jednotlivých pufrů a nastavením hodnoty pH na displeji. Po kalibraci jsem provedl měření ponořením elektrody do trávicí tekutiny v lácce u celkem 10 mladých pastí u každého druhu a u 5 starých pastí každého druhu. Před každým novým měřením bylo nutné opláchnout elektrodu v destilované vodě a do sucha osušit hadříkem, aby nedošlo ke zkreslení dalšího měření.

#### **4.1.3. Analýza dat**

Data získaná z měření jsem zapsal do dvou tabulek. První tabulka uvádí jednotlivá měření u mladých pastí, v druhé tabulce jsou zaznamenána data získaná z měření pH ve starších pastech. Ze získaných dat jsem u každého druhu vypočítal aritmetický průměr zaokrouhlený na dvě desetinná místa, který by měl být výslednou hodnotou pH konkrétního druhu. Mnou zjištěná data jsem dále porovnával s daty v odborné literatuře (pouze u některých druhů, kvůli absenci dat).

## 4.2. Výsledky

V následujících tabulkách jsou uvedeny naměřené hodnoty pH dle jednotlivých druhů. V první z tabulek jsou vždy hodnoty pH trávicí tekutiny v mladých láčkách (měřeno na celkem deseti vzorcích). Ve druhé tabulce jsou hodnoty pH trávicí tekutiny ve starých láčkách (měřeno na pěti vzorcích).

Tabulka 1: pH trávicí tekutiny *N. gracilis* (mladé láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aritmetický průměr
pH	1,98	4,35	3,56	3,28	2,35	2,54	1,95	3,00	1,99	2,30	2,73

Tabulka 2: pH trávicí tekutiny *N. gracilis* (staré láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	Aritmetický průměr
pH	5,45	4,84	6,25	3,99	5,94	5,29

Tabulka 3: pH trávicí tekutiny *N. tentaculata* (mladé láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aritmetický průměr
pH	4,65	5,23	6,28	5,55	6,90	5,58	5,10	3,85	5,44	4,88	5,35

Tabulka 4: pH trávicí tekutiny *N. tentaculata* (staré láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	Aritmetický průměr
pH	6,38	5,88	7,05	6,27	6,84	6,48

Tabulka 5: pH trávicí tekutiny *N. reinwardtiana* (mladé láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aritmetický průměr
pH	3,60	6,08	4,26	5,44	5,74	4,90	5,30	3,18	5,49	4,39	4,84

Tabulka 6: pH trávicí tekutiny *N. reinwardtiana* (staré láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	Aritmetický průměr
pH	5,69	6,57	6,09	5,87	6,24	6,09

Tabulka 7: pH trávicí tekutiny *N. stenophylla* (mladé láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aritmetický průměr
pH	1,95	3,46	4,02	3,87	2,00	1,98	2,45	3,04	3,58	2,43	2,88

Tabulka 8: pH trávicí tekutiny *N. stenophylla* (staré láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	Aritmetický průměr
pH	4,65	5,24	5,64	6,09	5,45	5,41

Tabulka 9: pH trávicí tekutiny *N. fusca* (mladé láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Aritmetický průměr
pH	4,35	3,97	4,87	5,35	5,87	5,43	4,39	4,35	5,04	4,87	4,85

Tabulka 10: pH trávicí tekutiny *N. fusca* (staré láčky)

Vzorek	1	2	3	4	5	Aritmetický průměr
pH	5,65	6,24	5,64	6,09	5,45	5,81

### 4.3. Diskuse

Z naměřených dat vyplývá, že kyselost kapaliny uvnitř láček se liší druh od druhu. Nejkyselejší trávicí tekutina byla zjištěna u *Nepenthes gracilis* (pH 2,73) a *Nepenthes stenophylla* (pH 2,88). Naopak nejméně kyselé prostředí je v láčkách *N. tentaculata* (pH 5,35). Vliv na pH trávicí tekutiny má také okolní teplota, případná kořist uvnitř láček,

lokalita nebo naředění vodou při dešti. Výsledné hodnoty mohl také ovlivnit počet vzorků. Při větším počtu vzorků by výsledky byly přesnější. Bohužel více vzorků nebylo k dispozici. Uvedené faktory by vzhledem k pečlivému výběru vzorků ovlivnily naměřené hodnoty maximálně o několik setin, maximálně desetin, tudíž mohu konstatovat, že kyselost trávicích tekutin různých druhů se opravdu liší. V následující tabulce uvádím porovnání s hodnotami pH, které uvádí ve své práci BITTLESTON, 2018.

Tabulka 11: Porovnání vlastního měření s hodnotami pH v odborné literatuře

Druh	<i>N. gracilis</i>	<i>N. stenophylla</i>	<i>N. tentaculata</i>	<i>N. reinwardtiana</i>	<i>N. fusca</i>
Hodnota pH vlastní výzkum	2,73	2,88	5,35	4,84	4,85
Hodnota pH L. Bittleston	3,14	2,68	5,43	4,68	absence dat
Odchylka pH	-0,41	+0,20	-0,08	+0,16	absence dat

Odchyly od dat L. Bittleston vznikly pravděpodobně buď vlivem odchylek v měření nebo vlivem rozdílného počtu testovaných vzorků (počet zkoumaných vzorků Bittleston neuvádí) nebo vlivem prostředí (L. Bittleston prováděla svá měření v laboratorních podmínkách). U *N. gracilis* je možné porovnání ještě s hodnotami v publikaci CLARKE, 2006, kde uvádí pH 2,43, což je blíže mému výsledku měření. Hodnoty pH trávicí tekutiny *N. fusca* nejsou bohužel v žádné publikaci uvedeny, tudíž nemohu potvrdit ani vyvrátit správnost, případně odchylky měření.

Druhým cílem výzkumu bylo zjistit rozdíl v pH mezi mladými a viditelně starými láčkami. Z výsledků jednoznačně vyplývá, že starší láčky už pomalu omezují enzymatickou aktivitu a stávají se pouze rezervoáry vody s lehce kyselejším prostředím bez schopnosti trávení kořisti. Tento fakt dokazuje také větší množství symbiotických organismů ve starých láčkách. V následující tabulce uvádím srovnání kyselosti prostředí v mladých a ve starých láčkách stejného druhu rostliny. Rozdíly se pohybují od 0,96 pH u *N. fusca* do 2,56 pH u *N. gracilis*.

Tabulka 12: Porovnání pH trávicí tekutiny mladých a starých láček

Druh	<i>N. gracilis</i>	<i>N. stenophylla</i>	<i>N. tentaculata</i>	<i>N. reinwardtiana</i>	<i>N. fusca</i>
Hodnota pH ve starých láčkách	5,29	5,41	6,48	6,09	5,81
Hodnota pH v mladých láčkách	2,73	2,88	5,35	4,84	4,85
Rozdíl pH	2,56	2,53	1,13	1,25	0,96

Z výsledků vyplývá, že všechny hypotézy, ze kterých jsem při výzkumu vycházel se potvrdily. První hypotéza, která předpokládala, že se kyselost bude lišit druh od druhu i o více než 1 pH se potvrdila s tím, že největší rozdíl mezi zkoumanými druhy byl 2,62 pH (mezi *N. gracilis* a *N. tentaculata*). Druhá hypotéza předpokládala maximální rozdíl mezi naměřenými hodnotami a hodnotami v literatuře 0,5 pH. Maximální rozdíl mezi mým výzkumem a hodnotami v práci BITTLESTON, 2018 činí 0,41 pH u *N. gracilis*. Třetí hypotéza predikovala, že rozdíl mezi pH v mladých láčkách a pH ve starých láčkách téhož druhu bude i více než 1 pH. Tato hypotéza se rovněž potvrdila, jelikož nejvyšší rozdíl v pH mladých a starých láček byl u *N. gracilis* – 2,56 pH

Je potřeba vzít v úvahu také limity tohoto výzkumu, který byl primárně dělán jako podklad pro jeho aplikaci ve výuce na základních a středních školách. Pokud bychom chtěli přesnější výsledky, bylo by potřeba provést měření při stejných teplotách vzduchu i trávicí tekutiny s jistotou, že v láčkách není chycena žádná kořist a měření provést alespoň u 20 vzorků každého druhu. Vzhledem k terénní povaze výzkumu a vzhledem k tomu, že k návštěvě lokalit došlo pouze jednou, nebylo možné tyto podmínky pro relevantnější výzkum dodržet. Pro didaktické využití je však tento výzkum dostačující.

## **5. Praktická část didaktická: využití láčkovek ve výuce botaniky**

### **5.1. Zařazení láčkovek do výuky botaniky**

Na základní škole je výuka botaniky zpravidla zařazena do 7. ročníku v rámci předmětu přírodopis, přičemž téma láčkovky může být zařazeno hned do několika tematických celků v rámci botaniky. První možností je zařazení láčkovek při výuce jednotlivých řádů/čeledí v rámci krytosemenných rostlin. Na příkladu láčkovek se dá skvěle demonstrovat variabilita rostlinných druhů v řádu hvozdíkotvaré. Druhou možností je zařazení láčkovek do výuky v rámci tropických rostlin. V tomto tématu by se žákům základní školy mělo ukázat, že existují také rostliny, které se v naší přírodě nevyskytují, ačkoli se může jednat o velmi zajímavé, případně i užitkové rostliny, se kterými se však při běžné výuce botaniky nesetkají. Třetí možností zařazení láčkovek, potažmo masožravých rostlin do výuky je v rámci ekologie, konkrétně v tématu způsob výživy rostlin a potravní vztahy. Zjištění, že rostlina se z obvyklého postu producenta posouvá v podstatě na vrchol potravní pyramidy jako predátor, může být pro žáky velmi zajímavá. Celkově toto téma může působit jako výborný motivační činitel pro výuku botaniky.

Na středních školách se všeobecným zaměřením a na gymnáziích probíhá výuka botaniky většinou v prvním ročníku v předmětu biologie. Podobně jako ve výuce na základní škole se dá téma láčkovky, respektive masožravé rostliny učit buď v rámci jednotlivých řádů a čeledí krytosemenných rostlin nebo v rámci ekologie. Jediným rozdílem ve výuce je možnost předat žákům větší množství informací, které mohou být složitější na pochopení. Na střední škole nebo na gymnáziu můžeme také více rozebírat například chemické složení trávicí tekutiny vzhledem k pokročilejším znalostem chemie.

V rámcovém vzdělávacím plánu pro základní vzdělávání by se téma láčkovek dalo zařadit do biologie rostlin, konkrétně do očekávaného výstupu: „žák odvodí na základě pozorování přírody závislost a přizpůsobení některých rostlin podmínkám prostředí“. V rámcovém vzdělávacím plánu pro gymnázia bychom výuku láčkovek hledali taktéž v biologii rostlin, konkrétně v očekávaném výstupu: „žák posoudí vliv životních podmínek na stavbu a funkci rostlinného těla“.



## **5.2. Vlastní náměty aktivit zaměřené na láčkovky**

V této kapitole představuji několik možností, jak zařadit téma láčkovky jako velmi zajímavého rodu ze skupiny masožravých rostlin do výuky botaniky na základní škole a víceletém gymnáziu. Aktivity mohou sloužit jak pro zpestření výuky botaniky a její popularizaci, tak jako hlavní náplň jedné nebo hned několika vyučovacích hodin.

Uvedené aktivity jsem osobně ověřil při výuce přírodopisu na začátku osmého ročníku ve školním roce 2018/2019 na Základní škole Dědina, kde již 4 roky učím.

### **5.2.1. Vyučovací hodina s tematikou láčkovek**

#### **5.2.1.1. Plán vyučovací hodiny**

Při plánování vyučovací hodiny jsem postupoval v souladu ŠVP Základní školy Dědina a obecnými didaktickými zásadami. Kromě samotného učiva jsem kladl důraz na rozvíjení klíčových kompetencí. Z toho důvodu jsem kombinoval různé metody tak, aby žáci byli k poznávání motivovaní a byli aktivní. Tematicky jsem hodinu zasadil na konec tematického celku krytosemenné rostliny v rámci tropických rostlin na začátku 8. třídy.

#### **5.2.1.2. Prekoncepty**

Prekoncepty jsem stanovil na základě znalostí žáků, které získali při předchozí výuce botaniky a z předpokladu, že se žáci již setkali s některými masožravými rostlinami, ať už doma, v botanické zahradě nebo v literatuře.

Prekoncepty vyučovací hodiny:

- žák popíše stavbu rostlinného těla
- žák uvede několik základních čeledí krytosemenných rostlin
- žák objasní rozdíl mezi autotrofní a heterotrofní výživou
- žák zdůvodní potřebu rostlin získávat anorganické látky
- žák vysvětlí pojem masožravé rostliny

#### **5.2.1.3. Cíle vyučovací hodiny**

Cíle, které jsem si před vyučovací hodinou stanovil zahrnují cíle kognitivní, afektivní i psychomotorické.

#### Kognitivní cíle:

- žák popíše stavbu láčkovky a její odlišnosti od běžných rostlin
- žák uvede alespoň pět zástupců láčkovek
- žák diskutuje o různých ekologických vztazích rostlin a živočichů
- žák ukáže na mapě oblast výskytu láčkovek

#### Afektivní cíle:

Do afektivních cílů jsem zařadil změnu postoje žákům k botanice, která je obvykle chápána jako nudné téma. Při této hodině mají žáci možnost změnit postoj k rostlinám jako takovým a začít je chápat více jako živé organismy.

#### Psychomotorické cíle:

Do psychomotorických cílů v této hodině patří práce žáků s interaktivní tabulí, pohyb po třídě během skupinové práce a kvízu, dále výtvarné ztvárnění výstupu skupinové práce a grafomotorika.

### **5.2.1.4. Průřezová témata a mezipředmětové vztahy**

Mezi průřezová témata, která byla ve vyučovací hodině realizována patří environmentální výchova. Do environmentální výchovy v tomto případě spadá ochrana deštných pralesů jako ekosystému, ve kterém se majoritně vyskytují láčkovky a ochrana rostlinných druhů jako taková. Dále v této vyučovací hodině bylo realizováno průřezové téma osobnostní a sociální výchova, konkrétně během skupinové práce a úvodního brainstormingu.

V této hodině byly také uplatněny mezipředmětové vztahy. Hodina byla provázána se zeměpisem (orientace v mapě a vyhledávání rozšíření jednotlivých druhů láčkovek), s chemií (složení trávicí tekutiny v láčkách), výtvarnou výchovou (tvorba shrnutí skupinové práce s textem) a informatikou (závěrečný kvíz na mobilních telefonech či tabletech).

### **5.2.1.5. Pomůcky**

K odučení této hodiny bylo nutné si připravit několik důležitých pomůcek. Základem byla interaktivní tabule, která se však při opakování hodiny dá nahradit běžnou křídovou tabulí a projektorem s promítacím plátnem. Dále jsem si připravil jednoduchou prezentaci v Microsoft PowerPoint, kterou jsem využil při úvodním výkladu. V další fázi hodiny jsem

využil odborné texty k láčkovkám, které pocházely z mé bakalářské práce (BURIAN, 2017). Na závěr hodiny pracovali žáci s kvízem vytvořeným v Class Flow, což je online software pro tvorbu interaktivních hodin ([www.classflow.com](http://www.classflow.com)). Pro tuto část hodiny potřebovali žáci chytrý mobilní telefon, případně pokud žák neměl k dispozici svůj smartfone, zapůjčil jsem mu školní tablet. Žáci kromě psacích potřeb a případně mobilního telefonu nepotřebovali žádné speciální pomůcky.

### 5.2.1.6. Časový rozpis výukových aktivit

Tabulka 13: Časový rozpis výukových aktivit

Čas v minutách	Výukové aktivity	Poznámky
3 min.	úvodní administrativa, seznámení žáků s cílem vyučovací hodiny	zápis do třídní knihy, docházka atd.
5 minut	brainstorming, motivace žáků	téma brainstormingu: co se mi vybaví, když se řekne masožravá rostlina
8 minut	výklad – téma masožravé rostliny, láčkovky	seznámení žáků s novým tématem, předání základních informací
12 minut	skupinová práce s textem zaměřená na vybrané druhy láčkovek	4 skupiny, každá skupina text o jiném druhu láčkovky
10 minut	představení skupinové práce	každá skupina představila „svůj“ druh ostatním
5 minut	kvíz zaměřený na zopakování probrané látky (láčkovky)	žáci odpovídají samostatně na svém zařízení (mobilním telefonu, tabletu)
2 minuty	zhodnocení hodiny a naplnění výukových cílů	zapojení žáci, důraz na sebehodnocení

### **5.2.1.7. Použité výukové metody**

Do vyučovací hodiny jsem se snažil zařadit hned několik výukových metod, aby byla hodina pestrá, žáky bavila a měla pro ně co největší přínos. Na úvod jsem zařadil motivační brainstorming, na který jsem navázal krátkým výkladem, abych žáky seznámil se základními informacemi o masožravých rostlinách a láčkovkách. V další části hodiny pracovali žáci ve skupinkách s odborným textem, ze kterého se snažili získat zajímavosti o vybraných druzích láčkovek, které zaznamenávali na papír A4, součástí bylo i výtvarné zpracování. Získané informace představovaly jednotlivé skupinky svým spolužákům.

Znalosti získané během této hodiny žáci využili během kvízu na platformě Class Flow, který vyplňoval každý sám na svém mobilním telefonu nebo tabletu.

#### **Brainstorming**

Tuto metodu jsem zařadil na úvod hodiny, abych motivoval žáky a potvrdil si, případně zjistil nové prekoncepty. Do středu tabule jsem napsal pojem masožravé rostliny a žáci měli za úkol přemýšlet, co se jim všechno vybaví k tomuto tématu. Pojem, který se jim vybavil měli za úkol říct nahlas a následně jít zapsat na tabuli. U každého pojmu jsme hledali další pojmy, které s ním souvisí. Nevhodné pojmy jsme na tabuli nezapisovali, ale vysvětlili jsme si, proč je daný pojem nevhodný. Vzhledem k tomu, že jsou žáci na tuto aktivitu v mých hodinách zvyklí, nenastal žádný problém a časová dotace nám vystačila.

#### **Výklad**

Ačkoli jsem tuto metodu nazval výklad, jednalo se spíše o výklad s prvky diskuse, jelikož žáky téma velice zaujalo, provázelo připravenou prezentaci mnoho dotazů a připomínek. Výklad byl zaměřen na obecné informace o masožravých rostlinách a láčkovkách, aby žáci měli dostatek informací k dalším aktivitám v této i v následujících hodinách. K výkladu jsem si připravil výukovou prezentaci v PowerPointu.

## Láčkovky – masožravé královny tropů

- *Nepenthes* (C. Linné, 1723), první objev *N. madagascariensis* ve druhé polovině 17. stol.
- Tropy, ojediněle subtropy (nejvíce druhů- Sumatra, Borneo)
- Deštné pralesy – často i ve vysokých polohách
- Více než 120 přírodních druhů
- Většinou epifytické, také terestrické



### Skupinová práce s textem

Pro tuto aktivitu byly potřeba vytvořit čtyři skupinky po čtyřech žácích. Využil jsem k tomu lístečky, na kterých byly napsány názvy různých rostlin (žákům známých) ze čtyřech čeledí krytosemenných rostlin, které jsem rozdál žákům. Žáci měli poté za úkol vytvořit skupiny tak, aby v každé skupině byly pouze rostliny z jedné čeledi:

Skupina hvězdnicovité: pampeliška lékařská, sedmikráska chudobka, kopretina bílá, chrpa polní

Skupina pryskyřníkovité: pryskyřník prudký, blatouch bahenní, orsej jarní, jaterník podléška

Skupina růžovité: růže šípková, jabloň domácí, mochna husí, jahodník obecný

Skupina brukvovité: penízek rolní, brukev řepka olejka, křen selský, hořčice polní

Po rozřazení do skupin pracovali žáci s odbornými texty zaměřenými na vybrané druhy láčkovek (*N. rajah*, *N. albomarginata*, *N. bicalcarata* a *N. lowii*). První tři texty pocházely z mé bakalářské práce (BURIAN, 2017), čtvrtý byl modifikací textu z teoretické části této diplomové práce. Každý žák ve skupině si text nejprve přečetl a následně ve spolupráci se spolužáky vytvořili shrnutí zajímavostí o „jejich“ druhu láčkovky. Každý žák měl ve skupině přidělenou svojí roli, aby se zapojili opravdu všichni.

Po uplynutí časového limitu na práci prezentovali žáci spolužákům své shrnutí ke konkrétnímu druhu láčkovky.

## Didaktická hra – kvíz

Již na začátku hodiny bylo žákům řečeno, že budou v průběhu potřebovat mobilní telefon. Žáci, kteří s sebou neměli chytrý mobilní telefon byli vybaveni školními tablety. Kvíz byl realizován pomocí platformy Class Flow, konkrétně pomocí funkce rychlé hlasování, která zajišťuje rychlý sběr odpovědí od žáků a zároveň znemožňuje opisování. Pro žáky je tento typ kvízu velice zábavný, jelikož si připadají jako v nějaké televizní soutěži. Připojení žáků je velmi jednoduché, stačí do webového prohlížeče zadat odkaz, který vygeneruje učitel při vytváření lekce. Odpovědi od žáků se učiteli zobrazují v jeho účtu hned, jak žáci odpověď odešlou.

Jediné negativum, které jsem při této aktivitě vnímal, byla nutnost aktualizace připravených otázek na láčkovky podle toho, které informace žáci odprezentovali na základě skupinové práce. Důležité bylo klást žákům otázky, na které mohou jednoduše odpovědět. Otázek bylo celkem deset a žáci je měli napsané na interaktivní tabuli (aktualizovány byly v průběhu hodiny). Po každé otázce se žáci ihned dozvěděli správnou odpověď s vysvětlením.

- 1) Je každá rostlina, která chytá hmyz masožravá?

Odpověď: Ne každá rostlina, která lapá hmyz musí být masožravá. Příkladem může být třeba šalvěj lepkavá, která se tak chrání před škůdci.

- 2) Které znáš masožravé rostliny kromě láčkovek? Vyjmenuj alespoň tři.

Odpověď: Například rosnatky, špirlice nebo tučnice.

- 3) Máme nějaké masožravé rostliny v ČR?

Odpověď: Ano a hned několik druhů, nejvzácnější je asi český endemit – tučnice česká.

- 4) Kde bys hledal/a ve volné přírodě láčkovku rádžu?

Odpověď: V národním parku Kinabalu na Borneu

- 5) Může láčkovka strávit i nějaké obratlovce?

Odpověď: Ano, větší druhy láčkovek běžně chytají žáby, krysy nebo ještěrky.

- 6) Které tekutině je nejvíce podobná trávicí tekutina v láčkách?

Odpověď: Žaludečním šťávám.

- 7) Jak se odborně nazývá lem kolem ústí láčky?

Odpověď: Obústí neboli peristom.



8) Který živoch chodí na záchod do láčkovky Lowovy a proč?

Odpověď: Tana horská, která se živí lepivým bílým sekrem na vnitřní straně víčka láčkovky.

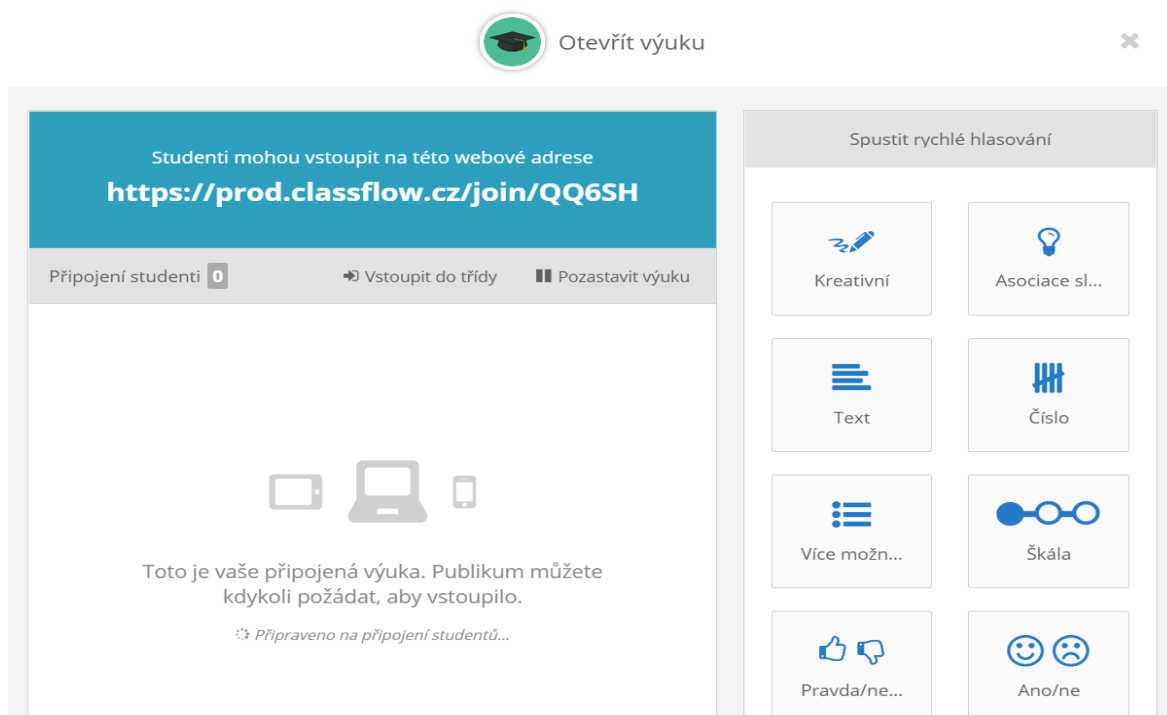
9) Proč má láčkovka lemovaná pod obústím bílý lem podobný lišejníku?

Odpověď: Láká na něj lišejníkožravé termity, kteří při jeho okusování padají do láčky.

10) Proč má láčkovka dvojostruhatá dva hadí zuby z obústí?

Odpověď: Z těchto zubů odkapává nektar, kterým se živí mravenci, žijící v úponce láčkovky.

Obrázek 46: Platforma ClassFlow, ukázka z nástroje rychlé hlasování



Zdroj: <https://prod.classflow.cz/classflow/#/>

### 5.2.1.8. Zhodnocení vyučovací hodiny

Vyučovací hodinu na téma láčkovky hodnotím pozitivně, vzhledem k tomu, že žáci v hodině pracovali velmi aktivně a s nadšením, které se projevilo i v závěrečném zhodnocení hodiny, kdy i sami žáci hodnotili hodinu jako velmi zdařilou. Nejzajímavější byla pro žáky poslední metoda, tedy didaktická hra – kvíz. Celkově nebyl problém s žádnou z aktivit, protože tuto třídu učím už dva roky, takže jsou žáci na tyto metody zvyklí i z jiných hodin přírodopisu. I proto všechny instrukce dobře a rychle pochopili a téměř vše zvládli i

v časovém limitu. Jen při prezentaci výsledků skupinové práce se objevily tendence číst informace doslova z papíru, případně říkat spolužákům příliš mnoho nepodstatných a nezajímavých informací, takže jsem musel do prezentace lehce zasáhnout a znovu jim zopakovat cíl této prezentace. V případě využití této přípravy na hodinu v jiné třídě doporučuji snížit počet aktivit v hodině, vzhledem k tomu, že jiným žákům může déle trvat pochopení zadání nebo seznámení s metodou.

### **5.2.2. Laboratorní práce s tematikou láčkovek**

Laboratorní práce je zaměřená na měření pH trávicí tekutiny v láčce různými způsoby.

#### **5.2.2.1. Realizace laboratorní práce**

Tento návrh laboratorní práce jsem realizoval ve stejné třídě jako vyučovací hodinu uvedenou výše, tedy na začátku školního roku v osmé třídě. Využil jsem k tomu suplovanou hodinu chemie spolu s hodinou přírodopisu, takže jsem měl k dispozici 90 minut čistého času. Laboratorní práce navazovala na již odučenou hodinu zaměřenou na láčkovky. Práce sloužila především k praktickému pozorování biologických jevů, k motivaci žáků a také pro zpestření výuky. Vzhledem k tomu, že žáci v osmém ročníku začínají s chemií, domluvil jsem se s vyučující na chemii, aby žákům před touto hodinou v chemii objasnila, k čemu slouží a co vyjadřuje hodnota pH.

#### **5.2.2.2. Materiál a pomůcky**

Na laboratorní práce jsem žákům do školy přinesl 5 druhů láčkovek, konkrétně *N. alata*, *N. ampullaria*, *N. xhookeriana*, *N. reinwardtiana* a *N. sanguinea* s již vytvořenými láčkami. Většina z těchto druhů je běžně dostupná v lepších květinářstvích nebo hobbymarketech, případně se dají sehnat u pěstitelů. Dále byla potřeba hlávka červeného zelí, univerzální indikátorové papírky, pH meter, kádinky, nůžky, voda, trojnožka, nehořlavá podložka, kahan, sirky, sada zkumavek a stojánek na zkumavky.

#### **5.2.2.3. Průběh laboratorní práce**

Na začátku laboratorní práce jsem třídu rozdělil do pěti skupin po třech až čtyřech žácích. Skupinovou práci jsem v tomto případě zvolil kvůli menšímu množství materiálu,

které jsem měl k dispozici. Dále jsem každému žákovi rozdál pracovní postup s důležitými informacemi (na následující straně) a laboratorní protokol (příloha I). Žáci si nejprve prostudovali rozdané materiály a poté jsem jim vysvětlil pravidla a bezpečnost při práci a také pracovní postup celé laboratorní práce, která byla rozdělena do několika úkolů. Prvním úkolem bylo měření pH pomocí univerzálních indikátorových papírků, druhý úkol byl zaměřen na měření pH pomocí indikátoru z červeného zelí a ve třetím úkolu žáci ověřovali výsledky z předchozích úkolů pomocí pH metru. Vzhledem k tomu, že jsme měli k dispozici pouze jeden pH metr, nebylo pořadí úkolů závazné a žáci mohli začít kterýmkoli úkolem.

#### **5.2.2.4. Pracovní postup a úvodní informace**

##### **Laboratorní práce – láčkovky (*Nepenthes*)**

Úvodní informace: V každé pasti masožravé rostliny láčkovky se nachází trávicí tekutina, která obsahuje trávicí enzymy zajišťující trávení polapené kořisti. Tyto trávicí enzymy jsou podobné těm v lidském žaludku a stejně jako žaludeční šťávy je trávicí tekutina kyselá. Každý druh láčkovky může mít odlišné pH (míru kyselosti/zásaditosti). Existuje několik způsobů, jak hodnotu pH zjistit a my si v následujících úkolech vyzkoušíme hned tři z nich. Vypracuj následující tři úkoly a v závěru zhodnot' výsledky (srovnání rozdílů v pH při jednotlivých měření a zdůvodnění).

##### **Úkol č. 1: Zjišťování pH trávicí tekutiny v láčce láčkovky pomocí univerzálních indikátorových papírků**

Materiál: trávicí tekutina z pěti druhů láčkovek

Pomůcky: sada zkumavek, stojánek na zkumavky, univerzální indikátorové papírky, skleněná tyčinka

Postup: Připravíme si do stojánu pět zkumavek. Do každé zkumavky vylijeme obsah jedné láčky láčkovky, přičemž v každé zkumavce bude tekutina z jiného druhu láčkovky (nezapomeneme si označit, ve které zkumavce je který druh). Vezmeme skleněnou tyčinku, namočíme ji do zkumavky a opatrně kápneme trávicí tekutinu na indikátorový papírek, který po chvíli změní barvu. Dle vzorkovníku v protokolu zjistíme pH a zapíšeme. Takto opakujeme se všemi vzorky. Před testováním dalšího vzorku je potřeba skleněnou tyčinku omýt a osušit, aby na ní nezůstaly zbytky předchozího vzorku.

## **Úkol č. 2: Zjišťování pH trávicí tekutiny v láčce láčkovky pomocí indikátoru z červeného zelí**

Materiál: trávicí tekutina z pěti druhů láčkovek, několik listů červeného zelí, voda

Pomůcky: kádinka, nůžky, trojnožka, nehořlavá podložka, kahan, sirky, sada zkumavek, stojánek na zkumavky

Postup: Vezmeme tři listy červeného zelí a rozstříháme je pomocí nůžek na malé kousky, které vložíme do kádinky a zalijeme vodou. S pomocí vyučujícího zapálíme kahan, dáme nad něj kádinku na nehořlavé podložce a vodu s kousky zelí chvíli povaříme. Poté necháme výluh vychladnout. Dále si připravíme sadu zkumavek se vzorky trávicích tekutin z láček a nalijeme do nich 2 ml vývaru ze zelí. Po přidání vývaru pozorujeme barevnou změnu tekutiny, srovnáme výslednou barvu se vzorkovníkem v protokolu a zapíšeme.

## **Úkol č. 3: Zjišťování pH trávicí tekutiny v láčce láčkovky pomocí pH metru**

Materiál: trávicí tekutina z pěti druhů láčkovek, destilovaná voda

Pomůcky: sada zkumavek, stojánek na zkumavky, pH metr

Postup: Připravíme si do stojánku pět zkumavek. Do každé zkumavky vylijeme obsah jedné láčky láčkovky, přičemž v každé zkumavce bude tekutina z jiného druhu láčkovky (můžeme použít stejné vzorky, jako v úkolu 1, ale nesmí už v nich být výluh ze zelí).

Připravíme si pH metr a s pomocí vyučujícího provedeme kalibraci (ponoříme elektrodu postupně do třech roztoků s různým pH – kalibračních pufrů a upravíme hodnoty na displeji). Poté přistoupíme k měření připravených vzorků. Ponoříme postupně elektrodu do všech pěti zkumavek a opíšeme do protokolu hodnotu pH z displeje. Před každým dalším měřením nezapomeneme omýt elektrodu v destilované vodě a osušit.

### **5.2.2.5. Zhodnocení laboratorní práce**

Práce žáků byla z mého pohledu perfektní. Vzhledem k tomu, že se jednalo pro ně o něco úplně nového (bylo to pro ně první setkání s laboratorní prací chemického zaměření), tak to všechny žáky velice bavilo a zároveň pro ně byly velice přínosné jak z hlediska nových znalostí a dovedností, ale také z hlediska motivace a získání pozitivního vztahu k přírodopisu i k chemii. Jediné výhrady jsem měl k vypracovaným protokolům, které někteří žáci vypracovali ledabyle, ale vzhledem k velkému pracovnímu nasazení se dá horší vypracování protokolů pochopit. Velmi důležitým a přínosným krokem bylo spojení dvou vyučovacích hodin, protože za 45 minut bychom všechny tři úkoly rozhodně nestihli. Žákům

se laboratorní práce také líbila a jedinou negativní připomínkou byla z jejich pohledu zbytečná příprava protokolu. Z tohoto důvodu jsem jim ještě jednou na závěr vysvětlil, proč je takový protokol z laboratorní práce důležitý.

Tato laboratorní práce se dá různě modifikovat, není tedy potřeba tolik druhů láčkovek a není nutné shánět pH metr, dá se totiž bohatě vystačit s vybavením dané školy a udělat například jen jeden z úkolů. Zároveň se tato práce dá udělat jen jako demonstrativní.

### **5.2.3. Exkurze s tematikou láčkovek – BZ Liberec**

Pokud bychom chtěli žákům ukázat větší počet druhů masožravých rostlin nebo dokonce přímo láčkovek, musíme v České republice do některé z botanických zahrad. Nejlepší volbou pak bude Botanická zahrada v Liberci, což je nejstarší botanická zahrada v zemi a ředitelem v ní je RNDr. Miloslav Studnička, CSc., což je v ČR asi nejznámější botanik zaměřený na masožravé rostliny. Proto tato botanická zahrada také disponuje největší sbírkou masožravých rostlin. Cílem této exkurze bylo především ukázat žákům rozličné druhy láčkovek a masožravých rostlin.

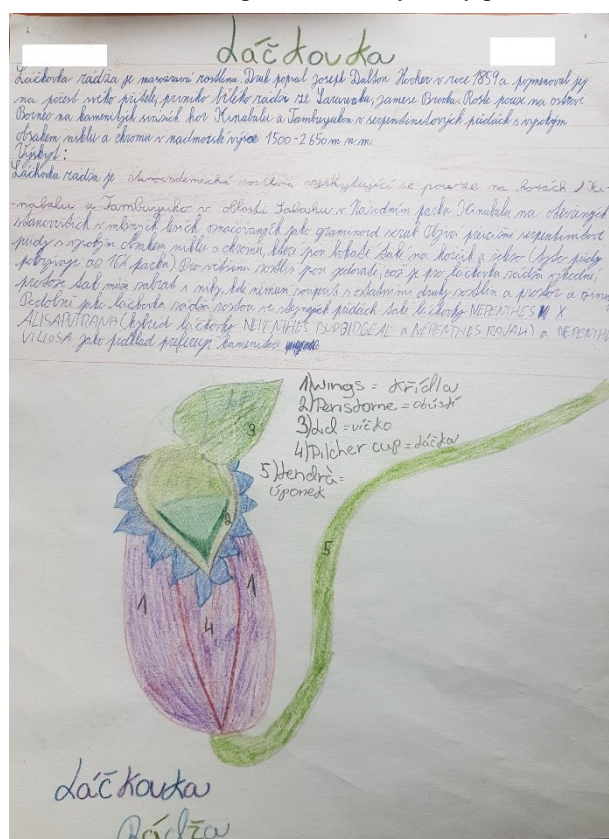
#### **5.2.3.1. Realizace exkurze**

Exkurzi jsem realizoval v září v 8. ročníku v závěru tematického okruhu zaměřeného na tropické a masožravé rostliny. Celková délka trvání byla celý den, vzhledem ke vzdálenosti této botanické zahrady od Prahy, přičemž samotná prohlídka botanické zahrady zabrala asi 3 hodiny.

### 5.2.3.2. Průběh exkurze

Po příjezdu k Botanické zahradě v Liberci jsme se žáky navštívili všechny pavilony rozsáhlých skleníků, nejvíce jsme se zaměřili na pavilon D, který je věnován masožravým rostlinám a můžeme v něm pozorovat i několik druhů láčkovek. Kromě skleníků přístupných pro veřejnost jsme měli možnost navštívit i pěstební zázemí, kde bylo k vidění mnoho dalších druhů masožravých rostlin. Po celou dobu exkurze měli žáci za úkol sbírat informace, případně i fotografie pro zpracování posteru zaměřeného na masožravé rostliny nebo přímo na láčkovky.

Obrázek 47: Ukázka práce žáků – výukový poster



### 5.2.3.3. Zhodnocení exkurze

Exkurzi hodnotím jako velmi zdařilou, stejně jako výstupy z této exkurze (výukové postery), které žáci zpracovávali jako výstup z exkurze. Jedinou výtku bych měl k malému zaujetí žáků v ostatních expozicích botanické zahrady, ale vzhledem k zaměření exkurze na masožravé rostliny/láčkovky byl cíl exkurze naplněn.

### 5.2.4. Zhodnocení výukového bloku zaměřeného na láčkovky

Z pohledu učitele byla výuka zaměřená na láčkovky pro žáky velmi přínosná. Žáci pracovali po celou dobu výukového bloku se zaujetím a v plném nasazení. Vzhledem k tomu, že se jednalo o něco netradičního, vnímali to trochu jinak než běžnou výuku botaniky. Velký přínos vnímám i vzhledem k rozvoji klíčových kompetencí, které žáci rozvíjeli ve všech aktivitách, které během tohoto výukového bloku absolvovali. Mezi negativa, která by někteří učitelé mohli na tomto výukovém bloku vidět, je mírné zpoždění v tematickém plánu, které se díky tomuto bloku vytvořilo.

Zpětnou vazbu jsem získával také od žáků, abych si ověřil, že výuka zaměřená na láčkovky měla opravdu smysl a posloužila jako zpestření a forma popularizace botaniky jako takové. Zpětnou vazbu mi žáci poskytli na základě anonymního nestrukturovaného dotazníku. Tuto formu zjišťování zpětné vazby jsem zvolil z důvodu malého počtu žáků (18) a také z důvodu kvalitnější zpětné vazby než u dotazníku strukturovaného. V dotazníku jsem se žáků ptal na tři základní otázky, s tím, že žáci měli odpovědět alespoň jednou větou.

- 1) Jak hodnotíš výuku tematického celku zaměřeného na láčkovky? Zdála se ti výuka přínosná?
- 2) Změnil se ti nějak po této výuce pohled na botaniku jako takovou? Pokud ano, jak?
- 3) Máš nějaké náměty na zlepšení výuky botaniky?

Po vyhodnocení dotazníků se má hypotéza stanovená před výukou potvrdila. Všech 18 žáků, kteří byli přítomni alespoň na jedné části bloku zaměřeného na láčkovky shledalo výuku jako pro ně přínosnou a všichni ji hodnotili velmi pozitivně. Z 18 žáků uvedlo celkem 14 žáků, že výuka zaměřená na láčkovky změnila jejich pohled na botaniku k lepšímu. 4 žáci uvedli, že se jejich pohled na botaniku nezměnil. Z těchto čtyřech žáků považují botaniku za nezajímavé téma tři žáci, jeden žák má botaniku jako své oblíbené téma v přírodopisu. V námětech na zlepšení se nejčastěji objevoval požadavek na větší praktičnost výuky nejen u tohoto tématu, ale také u ostatních témat v přírodopisu. Dalším námětem na zlepšení bylo například zvýšení počtu hodin zaměřených na laboratorní práce.

Tato zpětná vazba má samozřejmě své limity, aby byla opravdu relevantní, musel by být počet žáků, kteří absolvovali výuku a mohli by ji ohodnotit, větší. I přes to můžeme předpokládat, že zařazením těchto pro žáky zajímavých témat můžeme zvýšit jejich zájem o předmět, i když tato konkrétní témata nejsou přímo uvedena v ŠVP nebo RVP.



## 6. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo přehledné zpracování tématu láčkovek pro didaktické využití ve výuce na základních školách a víceletých gymnáziích včetně ověření vytvořených didaktických materiálů ve vlastní výuce.

Teoretická část byla rozdělena do dvou úseků. V prvním úseku jsem charakterizoval rod láčkovka z různých hledisek (ekologie, anatomie, morfologie, fyto geografie a taxonomie), ve druhém úseku jsem se zabýval charakteristikou vybraných druhů láčkovek. Tato teoretická část by měla sloužit především jako zdroj informací, ze kterých může učitel při výuce tohoto tématu vycházet.

Praktickou část jsem rozdělil na dva samostatné celky, na část praktickou botanickou a část praktickou didaktickou. Dílčím cílem praktické botanické části bylo zjistit možné rozdíly v pH trávicí tekutiny v láčkách různých druhů láčkovek a porovnat je s daty v odborné literatuře, druhým dílčím cílem bylo zjištění, zda během stárnutí láčky dochází k zvyšování hodnoty pH. K naplnění těchto cílů bylo potřeba provést terénní měření na Borneu v roce 2017. Během tohoto měření se mi povedlo získat výsledky, které dokázaly, že rozdíly v pH trávicí tekutiny v pastech různých druhů láčkovek jsou poměrně markantní a se stárnutím pastí dochází ke změnám v pH trávicí tekutiny. Tyto výsledky jsem následně využil při tvorbě didaktických materiálů v praktické didaktické části.

V praktické didaktické části jsem představil vlastní náměty aktivit zaměřených na téma láčkovky, které měly sloužit především pro obohacení a zpestření výuky botaniky a více tak přiblížit botaniku žákům základní školy a víceletých gymnáziích. Tyto náměty jsem ověřil ve své vlastní výuce a díky následné zpětné vazbě od žáků jsem došel k závěru, že u většiny žáků ve třídě, kde výuka probíhala, opravdu došlo k pozitivní změně postoje k botanice jako takové. Z tohoto závěru vyplývá, že zařazení tématu láčkovek, případně tématu masožravých rostlin do výuky je rozhodně žádoucí.

## 7. Seznam použitých informačních zdrojů

### 7.1.Literatura

- 1 BAUER, Ulrike, Katja REMBOLD a T. Ulmar GRAFE. *Carnivorous Nepenthes pitcher plants are a rich food source for a diverse vertebrate community*. Journal of Natural History [online]. 2016, 50(7-8), 483-495 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1080/00222933.2015.1059963. ISSN 0022-2933. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00222933.2015.1059963>
- 2 BAZILE, Vincent, Jonathan A. MORAN, Gilles LE MOGUÉDEC, David J. MARSHALL, Laurence GAUME a Deborah M. GORDON. A Carnivorous Plant Fed by Its Ant Symbiont: A Unique Multi-Faceted Nutritional Mutualism. PLoS ONE [online]. 2012, 7(5) [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1371/journal.pone.0036179. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0036179>
- 3 BISWAL, Devendra K., Manish DEBNATH, Ruchishree KONHAR, Sureni YANTHAN a Pramod TANDON. *Phylogeny and Biogeography of Carnivorous Plant Family Nepenthaceae With Reference to the Indian Pitcher Plant Nepenthes Khasiana Reveals an Indian Subcontinent Origin of Nepenthes Colonization in South East Asia During the Miocene Epoch*. Frontiers in Ecology and Evolution [online]. 2018, 6 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.3389/fevo.2018.00108. ISSN 2296-701X. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fevo.2018.00108/full>
- 4 BITTLESTON, Leonora. (2018). *Commensals of Nepenthes pitchers*. Carnivorous Plants: Physiology, Ecology, and Evolution. Oxford University Press. DOI:10.1093/oso/9780198779841.003.0023

- 5 BUCH, Franziska, Wendy E. KAMAN, Floris J. BIKKER, Ayufu YILAMUJIANG, Axel MITHÖFER a Dawn Sywassink LUTHE. *Nepenthesin Protease Activity Indicates Digestive Fluid Dynamics in Carnivorous Nepenthes Plants*. PLOS ONE [online]. 2015, 10(3) [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1371/journal.pone.0118853. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0118853>
  
- 6 BURIAN, Michal. *Masožravé rostliny a jejich využití ve výuce*. Praha, 2017.
  
- 7 CLARKE, Charles a K. M. WONG. *Nepenthes of Borneo*. Kota Kinabalu: Natural History Publications in association with Science and Technology Unit, Sabah, 1997. ISBN 983-812-015-4.
  
- 8 CLARKE, Charles M., Ulrike BAUER, Ch'ien C. LEE, Andrew A. TUEN, Katja REMBOLD a Jonathan A. MORAN. *Tree shrew lavatories: a novel nitrogen sequestration strategy in a tropical pitcher plant*. Biology Letters [online]. 2009, 5(5), 632-635 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1098/rsbl.2009.0311. ISSN 1744-9561. Dostupné z: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2009.0311>
  
- 9 CLARKE, Charles. *Nepenthes of Sumatra and Peninsular Malaysia*. Kota Kinabalu: Natural History Publications (Borneo), 2001. ISBN 983-812-050-2.
  
- 10 DARWIN, Charles. *Insectivorous Plants*. London: John Murray, 1876.
  
- 11 DAS, Indraneil, HAAS, Alexander (2010): *New species of Microhyla from Sarawak: Old World's smallest frogs crawl out of miniature pitcher plants on Borneo (Amphibia: Anura: Microhylidae)*. Zootaxa 2571: 37-52, DOI:10.5281/zenodo.197388

- 12 GREENWOOD, Melinda, Charles CLARKE, Ch'ien C. LEE, Ansou GUNSALAM, Rohan H. CLARKE a Sharon GURSKY-DOYEN. *A Unique Resource Mutualism between the Giant Bornean Pitcher Plant, *Nepenthes rajah*, and Members of a Small Mammal Community*. PLoS ONE [online]. 2011, 6(6) [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1371/journal.pone.0021114. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0021114>
- 13 JEŘÁBEK, J., TUPÝ, J. Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání [online]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/file/43792/>
- 14 KATO, M., M. HOTTA, R. TAMIN a T. ITINO. *Inter – and intra-specific variation in prey assemblages and inhabitant communities in *Nepenthes* pitchers in Sumatra*. Tropical Zoology [online]. 1993, 6(1), 11-25 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1080/03946975.1993.10539206. ISSN 0394-6975. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03946975.1993.10539206>
- 15 LAM, Weng Ngai, Hugh T. W. TAN a Audrey DUSSUTOIR. *The crab spider-pitcher plant relationship is a nutritional mutualism that is dependent on prey-resource quality*. Journal of Animal Ecology [online]. 2019, 88(1), 102-113 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1111/1365-2656.12915. ISSN 00218790. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1365-2656.12915>
- 16 MACÁK, M. 1998. *Portréty rostlin – *Nepenthes albomarginata**, Trifid: časopis společnosti Darwiniana. Praha: Darwiniana, 1998(3-4) 57-59. ISSN 1214-4134.
- 17 MERBACH, Marlis A., Dennis J. MERBACH, Ulrich MASCHWITZ, Webber E. BOOTH, Brigitte FIALA a Georg ZIZKA. *Mass march of termites into the deadly trap*. Nature [online]. 2002, 415(6867), 36-37 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1038/415036a. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/415036a>

- 18 MEYERS-RICE, Barry. *Growing carnivorous plants*. London: Timber, 2006. ISBN 978-0-88192-807-5.
- 19 MOLDASCHLOVÁ, Jana. *Didaktické využití vybraných čeledí krytosemenných rostlin ve výuce na ZŠ a víceletých gymnáziích*. Praha, 2019.
- 20 MORAN, Jonathan A. *The effect of pitcher wing removal on prey capture by the pitcher plant *Nepenthes rafflesiana**. Brunei Mus J, 1993, 8: 81-82.
- 21 MORAN, Jonathan A., Charles CLARKE a Brent E. GOWEN. *The use of light in prey capture by the tropical pitcher plant *Nepenthes aristolochioides**. Plant Signaling & Behavior [online]. 2014, 7(8), 957-960 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.4161/psb.20912. ISSN 1559-2324. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.4161/psb.20912>
- 22 MURPHY, Bruce & FOREST, Félix & BARRACLOUGH, Timothy & ROSINDELL, James & BELLOT, Sidonie & COWAN, Robyn & GOLOS, Michal & JEBB, Matthew & CHEEK, Martin. (2019). *A phylogenomic analysis of *Nepenthes* (Nepenthaceae)*. 10.1101/680488. Dostupné z: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/680488v1>
- 23 OSUNKOYA, Olusegun O. a Nurul Amal MUNTASSIR. *Comparative anatomy of the assimilatory organs of *Nepenthes* species*. Australian Journal of Botany [online]. 2017, 65(1) [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1071/BT16157. ISSN 0067-1924. Dostupné z: <http://www.publish.csiro.au/?paper=BT16157>
- 24 PAVLOVIČ, ANDREJ, ĽUDMILA SLOVÁKOVÁ a JIŘÍ ŠANTRŮČEK. *Nutritional benefit from leaf litter utilization in the pitcher plant *Nepenthes ampullaria**. Plant, Cell & Environment [online]. 2011, 34(11), 1865-1873 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2011.02382.x. ISSN 01407791. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-3040.2011.02382.x>

- 25 ROBINSON, ALASTAIR S., MICHAL R. GOLOS, MARC BARER, et al. *Revisions in Nepenthes following explorations of the Kemul Massif and the surrounding region in north-central Kalimantan, Borneo*. Phytotaxa [online]. 2019, 392(2), 97-126 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.11646/phytotaxa.392.2.1. ISSN 1179-3163.  
Dostupné z: <https://biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.392.2.1>
- 26 RODZALI, N. N. a M.M. MYDIN. *Antibacterial activity of leaves and pitchers extract of Nepenthes gracilis against Bacillus subtilis and Escherichia coli*. Journal of Fundamental and Applied Sciences [online]. 2018, 9(6S), 81-88 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.4314/jfas.v9i6s.7. ISSN 1112-9867.  
Dostupné z: <https://www.ajol.info/index.php/jfas/article/view/165541>
- 27 SCHNELL, Donald E. *Carnivorous plants of the United States and Canada*. 2nd ed. Portland, Or.: Timber Press, 2002. ISBN 0-88192-540-3.
- 28 SLACK, Adrian. *Carnivorous Plants*. 4rd ed. Yeovil: Marston House, 2001. ISBN 1-899296-13-1.
- 29 STUDNIČKA, Miloslav. *Masožravé rostliny*. Praha: Academia, 1984. Živou přírodou
- 30 STUDNIČKA, Miloslav. *Masožravé rostliny: objekt badatelů, dobrodruhů a snůlků*. Praha: Academia, 2006. ISBN 80-200-1404-7.
- 31 STUDNIČKA, Miloslav. *Masožravé rostliny: sborník článků pro časopis Živa 1980-2004*. Praha: Darwiniana, 2007. ISBN 978-80-903977-0-5.
- 32 ŠVARC, David. *Masožravé rostliny*. Tišnov: Sursum, 2003. ISBN 80-7323-035-6.
- 33 WISTUBA, Andreas, Joachim NERZ a Andreas FLEISCHMANN. *Nepenthes flava, a new species of Nepenthaceae from the northern part of Sumatra*. Blumea - Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants [online]. 2007, 52(1), 159-163 [cit. 2020-03-19]. DOI: 10.3767/000651907X612418. ISSN 0006-5196.  
Dostupné z: <https://www.ingentaconnect.com/content/10.3767/000651907X612418>



## 7.2. Internetové zdroje

- 1 The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Red List [online]. [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <https://www.iucnredlist.org/>
- 2 Nepenthes. CITES [online]. 2001 [cit. 2019-12-19]. Dostupné z: <https://cites.org/eng/taxonomy/term/67284>
- 3 Justice for Nature: Rezervace Green Life. Justice for Nature [online]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <https://justicefornature.org/rezervace-green-life/>

## 8. Seznam a zdroje obrázků

### 8.1. Seznam obrázků

Obrázek 1: Kořenový systém láčkovky .....	16
Obrázek 2: Přízemní shluk láček <i>Nepenthes ampullaria</i> .....	17
Obrázek 3: Shluk láček <i>Nepenthes ampullaria</i> na vyšší části stonku .....	17
Obrázek 4: Listy <i>Nepenthes nebularum</i> připojené ke stonku řapíkem .....	19
Obrázek 5: Listy <i>Nepenthes reinwardtiana</i> připojené ke stonku bázi listu .....	19
Obrázek 6: Úponka přichycující láčku <i>Nepenthes fusca</i> k jiné rostlině .....	20
Obrázek 7: Stavba láčky .....	22
Obrázek 8: Vnitřní povrch láčky <i>N. reinwardtiana</i> .....	23
Obrázek 9: Spodní láčka <i>N. fusca</i> .....	24
Obrázek 10: Juvenilní láčka <i>N. ampullaria</i> .....	24
Obrázek 11: Horní láčka <i>N. fusca</i> .....	24
Obrázek 12: Detail samčího květu .....	25
Obrázek 13: Detail samičího květu .....	25
Obrázek 14: Samčí květenství .....	25
Obrázek 15: Tobolky <i>N. distillatoria</i> .....	26
Obrázek 16: Semena láčkovky .....	26
Obrázek 17: Mapa rozšíření láčkovek .....	28
Obrázek 18: <i>Nepenthes lowii</i> .....	31
Obrázek 19: <i>Nepenthes hemsleyana</i> .....	31
Obrázek 20: <i>Thomismus nepenthophilus</i> v lácce <i>N. gracilis</i> .....	32
Obrázek 21: Dutina úponky <i>N. bicalcarata</i> osídlená mravenci .....	33
Obrázek 22: <i>Nepenthes albomarginata</i> .....	35
Obrázek 23: <i>N. albomarginata</i> s termity .....	35
Obrázek 24: <i>Nepenthes ampullaria</i> na Borneu .....	36
Obrázek 25: <i>Nepenthes x hookeriana</i> .....	37
Obrázek 26: Horní láčka <i>N. aristolochioides</i> .....	38
Obrázek 27: <i>Nepenthes bicalcarata</i> .....	39
Obrázek 28: <i>Nepenthes distillatoria</i> .....	40
Obrázek 29: <i>Nepenthes distillatoria</i> v Sinharaja Forest Reserve, Srí Lanka .....	41

Obrázek 30: <i>Nepenthes dubia</i> .....	42
Obrázek 31: Dolní láčka <i>Nepenthes fusca</i> .....	43
Obrázek 32: Horní láčka <i>Nepenthes fusca</i> (forma ze Sabahu).....	44
Obrázek 33: <i>Nepenthes gracilis</i> , Kota Kinabalu, Borneo.....	45
Obrázek 34: <i>Nepenthes inermis</i> .....	46
Obrázek 35: <i>Nepenthes lowii</i> a tana horská .....	47
Obrázek 36: <i>Nepenthes rafflesiana</i> .....	48
Obrázek 37: Láčkovka rádža ( <i>Nepenthes rajah</i> ).....	49
Obrázek 38: Zelená forma <i>N. reinwardtiana</i> .....	50
Obrázek 39: Červená forma <i>N. reinwardtiana</i> .....	50
Obrázek 40: <i>Nepenthes tentaculata</i> v parku Kinabalu.....	51
Obrázek 41: Mapa druhé lokality měření .....	53
Obrázek 42: Mapa první lokality měření ( <i>N. tentaculata</i> ).....	53
Obrázek 43: Mapa třetí lokality měření.....	54
Obrázek 44: Měření na stanovišti u Mammut Copper Mine .....	54
Obrázek 45: Snímek z výukové prezentace.....	65
Obrázek 46: Platforma ClassFlow, ukázka z nástroje rychlé hlasování.....	67
Obrázek 47: Ukázka práce žáků – výukový poster .....	72

## 8.2. Zdroje obrázků

Obr. 1: Carnivorous Plant Resource. In: Carnivorous Plant Resource [online]. [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://carnivorousplantresource.com/the-plants/tropical-pitcher-plant/>

Obr. 4: Further observations of *Nepenthes nebularum* in cultivation. In: Exotica Plants [online]. [cit. 2019-11-10]. Dostupné z: <https://www.exoticaplants.com.au/2018/12/16/further-observations-of-n-nebularum-in-cultivation/>

Obr. 7: *Nepenthes* pitcher morphology. In: Wikipedia [online]. [cit. 2019-11-15]. Dostupné z: [https://bn.m.wikipedia.org/wiki/%E0%A6%9A%E0%A6%BF%E0%A6%A4%E0%A7%8D%E0%A6%B0:Nepenthes\\_pitcher\\_morphology\\_upper.svg](https://bn.m.wikipedia.org/wiki/%E0%A6%9A%E0%A6%BF%E0%A6%A4%E0%A7%8D%E0%A6%B0:Nepenthes_pitcher_morphology_upper.svg)

Obr. 12: International Carnivorous Plant Society [online]. 2015 [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://www.carnivorousplants.org/grow/guides/Nepenthes>

- Obr. 13: HILL, David. Flickr [online]. In: Flickr 2012 [cit. 2019-11-17]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/dehill/7628019636/>
- Obr. 14: *Nepenthes mirabilis* inflorescence. In: Wikimedia Commons [online]. 2008 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nepenthes\\_mirabilis\\_inflorescence.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nepenthes_mirabilis_inflorescence.jpg)
- Obr. 16: *Nepenthes* hybrid seeds. In: Karnivores [online]. [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <http://www.karnivores.com/en/carnivorous-plants-sale/seeds/nepenthes-hybrid>
- Obr. 17: Carnivorous Plants Distribution Map. In: Carnivorous Plants in the Wilderness [online]. 2007 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <http://www.karnivores.com/en/carnivorous-plants-sale/seeds/nepenthes-hybrid>
- Obr. 18: BALLINGER, Tom. In: Flickr [online]. 2011 [cit. 2019-11-25]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/polylepis/6623157049>
- Obr. 19: TUTTLE, Merlin. Reddit. In: Reddit [online]. 2016 [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: [https://www.reddit.com/r/BatFacts/comments/3qjk5j/this\\_pitcher\\_plant\\_is\\_shaped\\_to\\_reflect\\_sonar/](https://www.reddit.com/r/BatFacts/comments/3qjk5j/this_pitcher_plant_is_shaped_to_reflect_sonar/)
- Obr. 20: Go Big or Go Home: Pitcher Plant Hosts and their Crab Spider Tenants. In: Animal Ecology in Focus [online]. 2019 [cit. 2019-11-30]. Dostupné z: <https://animalecologyinfocus.com/2019/01/08/go-big-or-go-home-pitcher-plant-hosts-and-their-crab-spider-tenants/>
- Obr. 21: Ant-Plants: The Darkside of Biological Mutualism. In: Impact Lab [online]. 2009, 28.4.2009 [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: <http://www.impactlab.net/2009/04/28/ant-plants-the-darkside-of-biological-mutualism/>
- Obr. 22: KOCNA, Petr. Image. In: BioLib [online]. [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/en/image/id120274/>
- Obr. 23: ZIZKA, Georg. Mass March of termites into the deadly trap. In: Research Gate [online]. 2002 [cit. 2019-12-1]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/232780033\\_Mass\\_March\\_of\\_termites\\_into\\_the\\_deadly\\_trap/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/232780033_Mass_March_of_termites_into_the_deadly_trap/figures?lo=1)
- Obr. 25: Mass March of termites into the deadly trap. In: Wikimedia Commons [online]. 15.1. 2007 [cit. 2019-12-5]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nepenthes\\_hookeriana3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nepenthes_hookeriana3.jpg)
- Obr. 27: HARTMEYER, Siggi. *Nepenthes bicalcarata*. In: Pixabay [online]. [cit. 2019-12-6]. Dostupné z: <https://pixabay.com/photos/pitcher-plant-nepenthes-bicalcarata-3362417/>

Obr. 30: *Nepenthes dubia*. In: Omnisterra [online]. [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <http://www.omnisterra.com/botany/cp/pictures/nepenthe/pics/dubia2.jpg>

Obr. 34: MAYES, Shawn. *Nepenthes inermis*. In: Wikipedia [online]. 1.1. 2010 [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Nepenthes\\_inermis#/media/File:Nepenthes\\_inermis4.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Nepenthes_inermis#/media/File:Nepenthes_inermis4.jpg)

Obr. 35: CH'IEN, Lee. Pitcher Plant Doubles as Toilet. In: Live Science [online]. 23.6. 2009 [cit. 2019-12-15]. Dostupné z: <https://www.livescience.com/9666-pitcher-plant-doubles-toilet.html>

Obr. 41, 42, 43: Mapy.cz [online]. 2019 [cit. 2020-03-6]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Obr. 46: Class Flow [online]. 2018 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://prod.classflow.cz/classflow/#!/>



## 9. Seznam tabulek

Tabulka 1: pH trávicí tekutiny <i>N. gracilis</i> (mladé láčky) .....	56
Tabulka 2: pH trávicí tekutiny <i>N. gracilis</i> (staré láčky) .....	56
Tabulka 3: pH trávicí tekutiny <i>N. tentaculata</i> (mladé láčky) .....	56
Tabulka 4: pH trávicí tekutiny <i>N. tentaculata</i> (staré láčky) .....	56
Tabulka 5: pH trávicí tekutiny <i>N. reinwardtiana</i> (mladé láčky).....	56
Tabulka 6: pH trávicí tekutiny <i>N. reinwardtiana</i> (staré láčky) .....	57
Tabulka 7: pH trávicí tekutiny <i>N. stenophylla</i> (mladé láčky).....	57
Tabulka 8: pH trávicí tekutiny <i>N. stenophylla</i> (staré láčky).....	57
Tabulka 9: pH trávicí tekutiny <i>N. fusca</i> (mladé láčky) .....	57
Tabulka 10: pH trávicí tekutiny <i>N. fusca</i> (staré láčky).....	57
Tabulka 11: Porovnání vlastního měření s hodnotami pH v odborné literatuře.....	58
Tabulka 12: Porovnání pH trávicí tekutiny mladých a starých láček.....	59
Tabulka 13: Časový rozpis výukových aktivit .....	63

## 10. Přílohy

### 10.1. Příloha I. – Protokol k laboratorní práci

#### Laboratorní práce – láčkovky – protokol

##### Úkol č. 1: Zjišťování pH trávicí tekutiny v láčce láčkovky pomocí univerzálních indikátorových papírků

Materiál: trávicí tekutina z pěti druhů láčkovek

Pomůcky: sada zkumavek, stojánek na zkumavky, univerzální indikátorové papírky, skleněná tyčinka

Postup: Připravíme si do stojánu pět zkumavek. Do každé zkumavky vylijeme obsah jedné láčky láčkovky, přičemž v každé zkumavce bude tekutina z jiného druhu láčkovky (nezapomeneme si označit, ve které zkumavce je který druh). Vezmeme skleněnou tyčinku, namočíme ji do zkumavky a opatrně kápneme trávicí tekutinu na indikátorový papírek, který po chvíli změni barvu. Dle vzorkovníku v protokolu zjistíme pH a zapíšeme do tabulky. Takto opakujeme se všemi vzorky. Před testováním dalšího vzorku je potřeba skleněnou tyčinku omýt a osušit, aby na ní nezůstaly zbytky předchozího vzorku.

Vzorkovník:



Zdroj: <https://www.enviroexperiment.cz/chemie-stredni-skola/vlastnosti-prumyslovych-hnojiv>

Vypracování:

Druh láčkovky					
pH					

## Úkol č. 2: Zjišťování pH trávicí tekutiny v láčce láčkovky pomocí indikátoru z červeného zelí

Materiál: trávicí tekutina z pěti druhů láčkovek, několik listů červeného zelí, voda

Pomůcky: kádinka, nůžky, trojnožka, nehořlavá podložka, kahan, sirky, sada zkumavek, stojánek na zkumavky

Postup: Vezmeme tři listy červeného zelí a rozstříháme je pomocí nůžek na malé kousky, které vložíme do kádinky a zalijeme vodou. S pomocí vyučujícího zapálíme kahan, dáme nad něj kádinku na nehořlavé podložce a vodu s kousky zelí chvíli povaříme. Poté necháme výluh vychladnout. Dále si připravíme sadu zkumavek se vzorky trávicích tekutin z láček a nalijeme do nich 2 ml vývaru ze zelí. Po přidání vývaru pozorujeme barevnou změnu tekutiny, srovnáme výslednou barvu se vzorkovníkem v protokolu a zapíšeme do tabulky.

Vzorkovník:



Zdroj: <https://www.enviroexperiment.cz/chemie-stredni-skola/indikator-ze->

Vypracování:

Druh láčkovky					
pH					

### Úkol č. 3: Zjišťování pH trávicí tekutiny v láčce láčkovky pomocí pH metru

Materiál: trávicí tekutina z pěti druhů láčkovek, destilovaná voda

Pomůcky: sada zkumavek, stojánek na zkumavky, pH metr

Postup: Připravíme si do stojánku pět zkumavek. Do každé zkumavky vylijeme obsah jedné láčky láčkovky, přičemž v každé zkumavce bude tekutina z jiného druhu láčkovky (můžeme použít stejné vzorky, jako v úkolu 1, ale nesmí už v nich být výluh ze zelí). Připravíme si pH metr a s pomocí vyučujícího provedeme kalibraci (ponoříme elektrodu postupně do třech roztoků s různým pH – kalibračních pufrů a upravíme hodnoty na displeji). Poté přistoupíme k měření připravených vzorků. Ponoříme postupně elektrodu do všech pěti zkumavek a opíšeme do protokolu hodnotu pH z displeje. Před každým dalším měřením nezapomeneme omýt elektrodu v destilované vodě a osušit.

Vypracování:

<b>Druh láčkovky</b>					
<b>pH</b>					

Závěr: